

Глава 3. КРУПНЕЙШИЕ РЕЧНЫЕ

В данной главе описываются крупнейшие озера, чье образование или режим всецело связаны с деятельностью текучих вод. Примером больших речных озер, сформированных в результате накопления аллювия и образования «аллювиальных плотин» в речных долинах является оз. Ханка. Многие большие озера расположены в пределах крупнейших речных систем, практически полностью определяющих их внутригодовой режим. Примерами таких водоемов являются расположенные в бассейне реки Янцзы озера Донгтинг, Поянху и Тай, расположенное в бассейне р. Меконг оз. Тонлесап и расположенное в верхней части бассейна р. Конго оз. Бангвеулу. Все озера имеют котловины тектонического происхождения, характеризующиеся при этом значительной уплощенностью. Большую часть года озера занимают относительно небольшую площадь (1000-4000 км²), однако сразу после разлива, вызванного повышением уровня воды в реке, многие из них достигают огромных размеров, порой сливаясь воедино со своими небольшими соседями. Площадь озер значительно варьирует не только внутри года, но и в многолетнем интервале времени, в зависимости от водности реки в конкретный год. Так площадь оз. Тонлесап при наибольших разливах может достигать 30000 км², оз. Донгтинг (Дунтинху) – 20000 км², оз. Бангвеулу – 16000 км².

Отличительной чертой всех рассматриваемых водоемов является уплощенное дно, сравнительно небольшие глубины, значительные колебания уровня воды в течение года, и резкое нарастание площадей зеркала при поднятии уровня. Большие вариации площади создают благоприятные условия для образования вокруг озер водно-болотных угодий, являющихся средой обитания богатого птичьего населения, так что практически все рассматриваемые озера вместе с окружающими их землями включены в состав Рамсарских охраняемых территорий.

Большинство рассматриваемых озер расположено в пределах густонаселенных речных долин, но, несмотря на значительные изменения, происходящие в последние десятилетия в водоемах в результате антропогенного прессинга, промывной режим позволяет сохранить во многих из них вполне приемлемое качество воды. Так на озерах Донгтинг и Поянху (плотность

населения в их бассейнах 57 и 271 чел/км², соответственно) вода до последнего времени продолжала оставаться слабо загрязненной, и по большей части своей акватории озера оставались мезотрофными. Значительное ухудшение качества воды наблюдалось лишь в маловодные годы. В начале 2000-х оно было связано в основном с завершением строительства выше по течению р. Янцзы дамбы «Три ущелья» и с заполнением созданного водохранилища, что резко сократило сток по реке.

3.1. ОЗЕРО ТОНЛЕСАП

Озеро Тонлесап расположено в центральной части Камбоджи, в бассейне р. Меконг, при впадении в нее р. Тонлесап. Координаты 12°13'-13°14'с.ш.; 103°42'-104°45'в.д.: «Тонлесап» в переводе с камбоджийского означает «большая река пресной воды» или «большое озеро». Это самый крупный пресноводный водоем Юго-Восточной Азии. Его площадь зеркала сильно варьирует в зависимости от сезона и водности года. Большую часть года площадь водного зеркала составляет 2500-2700 км², протяженность - 160 км, ширина - 36 км, средняя глубина около 1 м, максимальная – 3.3 м (Campbell et al., 2006). Наводнение в период муссонов полностью изменяет поток р. Тонлесап, связывающей озеро с р. Меконг, она начинает течь в обратном направлении, увеличивая площадь водной поверхности озера в 3-6 раз. Площадь озера расширяется до 9000-16000 км², длина и ширина до 250 и 100 км, соответственно, а глубина достигает 10-12 м (Matsui et al., 2006). Максимальные значения площади при разливе - около 30000 км². Объем заключенной в озере воды изменяется в течение года от 2 до 60 км³.

Озеро Тонлесап речного происхождения, оно занимает депрессию Кампучийской равнины, созданную из-за геологического напряжения, вызванного столкновением индийского субконтинента с Азией. Возраст современного озера оценивается около 5700 лет (Campbell et al., 2006). Согласно мнению Tuskawaki et al. (2002) между 7500 и 5700 лет назад на его месте существовал другой водоем, меньших размеров и не имеющий связи с р. Меконг.

Оз. Тонлесап характеризуется уплощенным дном и небольшими изменениями рельефа в пределах всей заливаемой в паводочный сезон территории. Рельеф бассейна преимущественно

но равнинный. Невысокие холмы (около 300 м) на востоке отделяют бассейн озера от бассейна р. Меконг. Со всех сторон озеро окружено болотно-лесными угодьями. Разреженный лес начинается практически сразу вокруг границы озера, очерченной в сухой сезон. В древесно-кустарничковом ярусе преобладают низкорослые деревья до 2-4 м и кустарники лиственных пород, характерные для субэкваториальных муссонных лесов. Здесь встречаются акация, ротанговая пальма, баррингтония азиатская, комбретум, гавайская древовидная роза, хурма, каперсы, тетрацера, ункария, циссус, карандажа, фарбитис. Разреженный лес постепенно переходит в мангровые заросли. В сезон дождей, во время разлива р. Меконг, весь лес затопляется, также как и огромные площади полей, расположенных вблизи озера. Стоящие на высоких сваях хижины, расположенные в зоне затопления, погружаются в воду почти до уровня пола. После спада уровня, поля оказываются покрытыми плодородным слоем ила, обеспечивающим высокие урожаи риса. Озеро в сухой сезон сдерживается в своих границах естественной дамбой, состоящей из отложений осадка, принесенного в сезон муссонов. С южной стороны из-за перемещения наносов р. Меконг в период паводка, формируется сложная дельта, хорошо заметная при низком уровне (Campbell et al., 2006).

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Земли по берегам оз. Тонлесап были заселены еще задолго до н.э. Раскопки свидетельствуют об охотничьих общинах, существовавших за 6000 лет до н.э. В третьем тысячелетии до н.э. в регионе появляется сельское хозяйство. Разработка железа в регионе датируется пятым столетием до н.э. К 4-ому столетию возникли прочные торговые связи с Индией. Уже к 612 г. в регионе возникло огромное Кхмерское государство, занимавшее большую территорию, чем современная Камбоджа (Campbell et al., 2006). Расцвет Кхмерской империи приходится на IX-XIII вв. По мнению Evans et al. (2004) чрезвычайная продуктивность экосистемы оз. Тонлесап явилась основой для возникновения и длительного существования Кхмерской империи.

С 1880 г Камбоджа перешла под протекторат Франции. С 1942 по 1945 гг. была оккупирована Японией, а в 1953 г. получила независимость. С конца 1960-х по 1975 год в стране шла

гражданская война, в которую активно вмешивались Северный и Южный Вьетнам и США. В 1970 в результате военного переворота к власти пришёл генерал Лон Нол, и провозгласил создание Кхмерской Республики. Однако уже в 1975 г. власть перешла к победившим в гражданской войне «красным кхмерам» во главе с Пол Потом. Стране был навязан курс на построение «аграрного социализма», обернувшийся геноцидом против народа. К 1978 г. экономика страны была полностью истощена, и Пол Пот развязал агрессию против Вьетнама, завершившуюся в 1979 г. Свержением режима «красных кхмеров». Окончательный вывод вьетнамских войск из Камбоджи произошёл в 1989 г., но гражданская война в стране после этого продолжалась ещё некоторое время. В течение 1990-х гг. Камбоджа находилась в тяжелом состоянии продолжающейся нищеты и политического кризиса, в связи с этим лидер страны Хун Сен согласился на посредничество ООН. Была сформирована коалиционная администрация с участием лидеров оппозиционных сил, и было принято решение о возвращении короля Сианука. В 2000-е гг. состояние экономики несколько стабилизировалось, хоть нищета сохранилась, страна вышла на путь демократизации и постепенного развития. Доход на душу населения стабильно повышается, хоть и продолжает оставаться на более низком в странах Юго-Восточной Азии.

Озеро Тонлесап играет огромнейшую роль в жизни населения проживающего по его берегам. Оно удовлетворяет потребности в воде и пище, обеспечивает средствами к существованию. Рыбы оз. Тонлесап являются главным источником белка для кампучийцев. В озере происходит лов эндемичной змеи *Enhydryis longicauda*, используемой для питания, а также для прокорма крокодилов на крокодиловых фермах, расположенных вокруг озера. Через озеро проходят важнейшие транспортные пути, связывающие Пномпень с пятью провинциями Камбоджи. Вокруг озера активно развивается туризм, в начале 2000-х гг. сюда прибывало от 20 до 30 тыс. посетителей (Matsui et al., 2006). Темпы развития туризма в Камбодже очень высокие, ежегодное количество туристов вырастает в целом по стране на 18.5%.

Озеро выполняет также функции регулятора стока, предотвращая паводковые разливы ниже по течению р. Меконг и обеспечивая около 50% ее стока в сухой сезон. Таким образом, важность озера выходит далеко за рамки

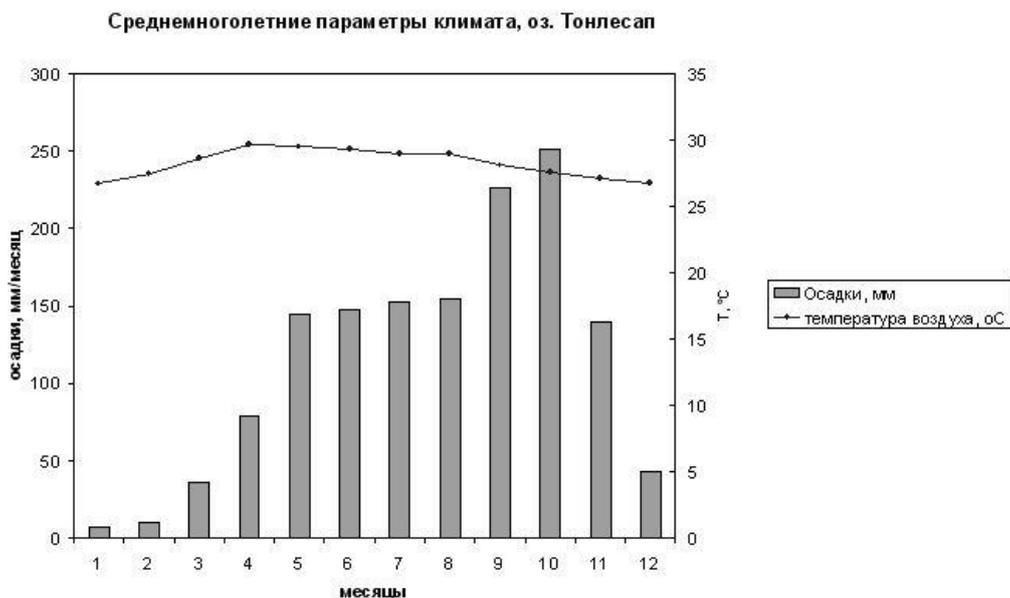


Рис. 3.1. Среднемесячные параметры климата, ст. Пномпень.

Камбоджи.

Климат. Характеристики термического режима

Климат региона тропический муссонный, с четко выраженными сухим и влажным периодами. Влажный воздух приносит летний юго-западный муссон с Сиамского залива и Индийского океана, продолжающийся с мая по октябрь. Сухой сезон длится с ноября по март (рис. 3.1), в это время в регионе доминируют ветра северо-восточного направления. Годовое количество осадков варьирует в пределах бассейна от 1350 до 1550 мм (Campbell et al., 2006), их максимум обычно приходится на сентябрь месяц. Средние дневные температуры воздуха в течение года изменяются от 20 до 36°C. Во влажный летний период температуры могут существенно понижаться, а в сухой зимний - повышаться. Минимум температуры приходится на январь, максимум – на апрель (Campbell et al., 2006).

Озеро относится к водоемам тропической зоны с небольшой годовой амплитудой температуры воды, изменяющейся от 28 до 33°C (Sarkkula et al., 2004). Наиболее низкие температуры наблюдаются в январе-феврале, максимум приходится на начало мая.

Характеристики водного режима и водного баланса

Разлив р. Меконг создает исключительный водный режим оз. Тонлесап. Согласно 90-летнему ряду наблюдений средняя амплитуда колебаний уровня озера между сухим и влажным сезоном составляет 8.2 м (Campbell et al., 2006). В межень, продолжающуюся с ноября по май, глубина озера по большей части акватории обычно не превышает один метр, в этот период происходит питание р. Меконг за счет его вод. С началом паводка (в июне-июле) уровень воды в озере резко возрастает до 10-12 м, в это время воды р. Меконг текут в озеро по р. Тонлесап, способствуя быстрому увеличению его площади (рис. 3.2). Паводок на р. Меконг обычно заканчивается в октябре, после чего уровень озера резко падает и р. Тонлесап вновь начинает питать р. Меконг.

Согласно оценкам, выполненным в конце XX - начале XXI вв. в рамках MRCS/WUP-FIN (2006) общий приток воды в озеро Тонлесап составляет 79.7 км³ в год из которых около 30 % приходит со стоком впадающих в озеро рек, около 13 % приходится на осадки и 51 % перетекает из р. Меконг в период муссонов, 5% приходится на грунтовое питание. Обратно в р. Меконг поступает 70.4 км³ воды, испаряется 9.2 км³.

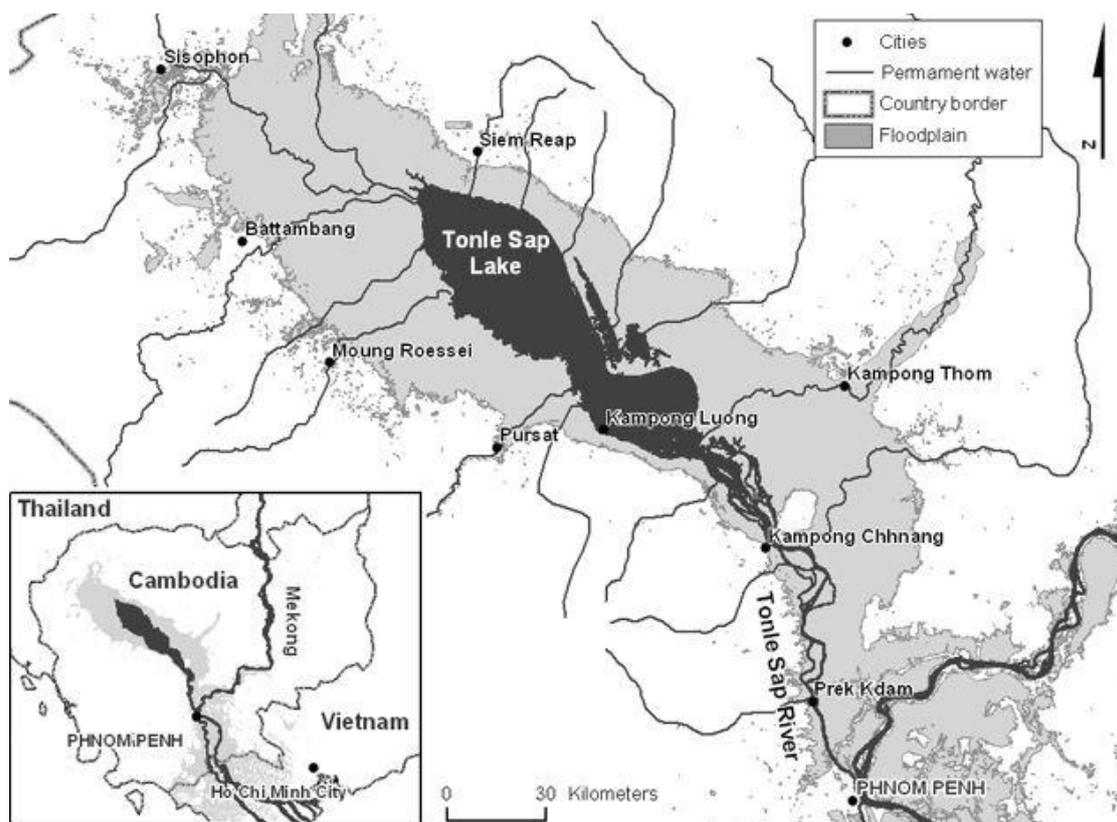


Рис. 3.2. Озеро Тонлесап в период межени (темно-серый) и разлива (светло-серый). Источник: The Tonle Sap Lake..

Основные характеристики качества вод

Озерная вода пресная, мутная. Прозрачность низкая, наибольшие значения характерны для начала сухого сезона. Максимальная концентрация взвешенных веществ наблюдается в конце сухого сезона, с апреля по июнь. Уровень воды в это время низкий, ветра значительные, из-за взмучивания донных отложений концентрация взвешенных веществ в воде возрастает.

Электропроводность озерной воды составляет 50-120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Реакция среды нейтральная, pH от 6.6 до 7.2. Вода характеризуется слегка повышенным содержанием ионов кальция, сульфатов и силикатов, приносимых с водами р. Меконг (Campbell et al., 2006), при этом содержание ионов в озере существенно ниже, чем в реке (рис. 3.3). Содержание кислорода невысокое, в течение всего года оно колеблется в пределах 4-8 мг/л. Большую часть года кислород присутствует на всей глубине, однако в период паводка на части заливаемой поймы наблюдается аноксия. Содержание общего азота 100-350 мкг/л, общего фосфора – 10-30 мкг/л (Campbell et al., 2006). Соотношение азота к

фосфору составляет десять к одному. Из-за чрезвычайной продуктивности озерной экосистемы биогенные вещества активно потребляются биотой.

Основные биологические особенности

Озеро Тонлесап и окружающие его болота характеризуется очень высокой биологической продуктивностью и вариативностью. По мнению Rainboth (1996) это одна из наиболее продуктивных пресноводных экосистем мира. Здесь произрастает около 200 видов высших растений (Tonle Sap Biosphere Reserve 2002), значительную часть которых составляют затопляемые в паводочный сезон низкорослые деревья, кустарники и травы. Погруженных водных растений мало из-за высокой мутности воды и значительного перепада уровня. По периферии озера распространены плавающие макрофиты, такие как водная лилия *Nymphaea nouchali*, *Nymphoides indica* и лотос *Nelumbo nucifera*, а также пузырчатка *Utricularia aurea* и харовые водоросли *Chara* sp. (Campbell et al., 2006). Вдоль береговой линии – плотные циновки из травяной растительности, прежде всего, семейства злаков и осок

В фитопланктоне выявлено 123 вида, в том.

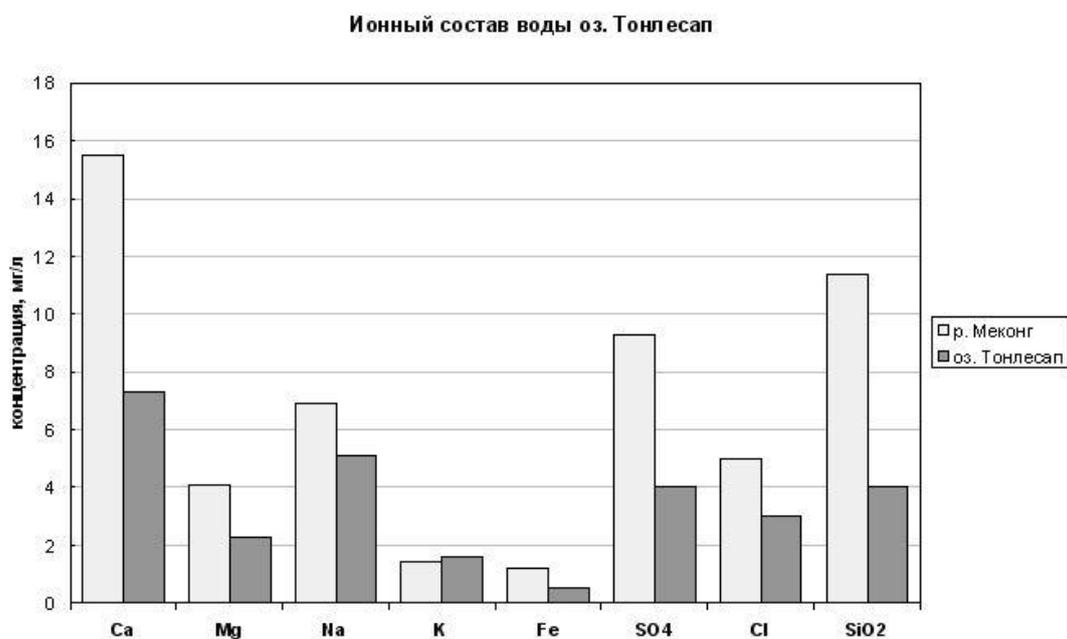


Рис. 3.3. Ионный состав воды оз. Тонлесап и р. Меконг по данным Campbell et al. (2006).

числе 37 видов диатомовых, 34 - зеленых, 34 - сине-зеленых, 15 - эвгленовых водорослей, по одному виду желто-зеленых и золотистых водорослей и диннофлагелляты. В осенне-зимнем фитопланктоне доминируют диатомовые, представленные преимущественно *Melosira granulata*, многочисленны сине-зеленые (*Microcystis aeruginosa*). В летнем фитопланктоне преобладают зеленые и сине-зеленые (Campbell et al., 2006). Концентрация хлорофилла-а изменяется в пределах 0.3-20.0 (70) мкг/л, среднее значение - 4.5 мкг/л. Биомасса фитопланктона - 0.2-1.5 (3.2) мкгС/л, среднее значение 3.5 мкгС/л. Максимальная концентрация хлорофилла-а, также как и максимальная биомасса фитопланктона приходятся на конец меженного периода, март-апрель месяцы. Вместе с тем почти все ежегодное биологическое производство приходится на период наводнения из-за огромных масс воды в этот период (Sarkkula et al., 2004).

Данных по озерному планктону и бентосу достаточно мало. Nguyen and Nguyen (1991) выявил в озерном зоопланктоне 46 видов, среди них 7 видов веслоногих ракообразных (*Heliodiaptomus elegans* и *Diaptomus javanus*), 16 ветвистоусых рачков (*Diaphanosoma paucispinosum*), 23 коловратки (Campbell et al., 2006). O'Connog (2001) свидетельствует о 125 видах

зоопланктона и бентоса, среди которых ракообразные, моллюски, креветки, краб.

На озере обитает как минимум 149 видов рыб, принадлежащих к 35 семействам (Campbell et al., 2006). 70 видов имеют коммерческую ценность. Наиболее распространенные семейства - карповые (39%), сомовые (7%), отряд окунеобразных и сомообразных (9%). Среди распространенных видов - пангасиус, сельдь, весящая до 135 кг кошачья акула, серая акула, жалящий и пилорылый скат, угорь, анчоусы, а также представители вьюновых, горбылевых, скумбриевых, гурамиевых и иглобрюхих и др. Также многочисленны мидии. Многие виды мигрируют между озером и рекой. Рыбу озера Тонлесап принято делить на две группы: «черную», приспособляющуюся к почти бескислородным условиям поймы, и «белую», остающуюся в озере и ближайших затопленных лесах (Sarkkula et al., 2004).

Максимум рыбной продуктивности в озере приходится на лето, на период разлива р. Меконг. В условиях тропического климата здесь создается высоко продуктивная область, отличающаяся самыми высокими в мире уловами пресноводной рыбы (Sverdrup-Jensen, 2002). К концу сезона дождей большая часть рыбы уносится в реку. На сегодняшний день годовые уловы рыбы оцениваются в 230000

тонн (Matsui et al., 2006), что составляет около

60% от общего вылова по стране (Keskinen M.

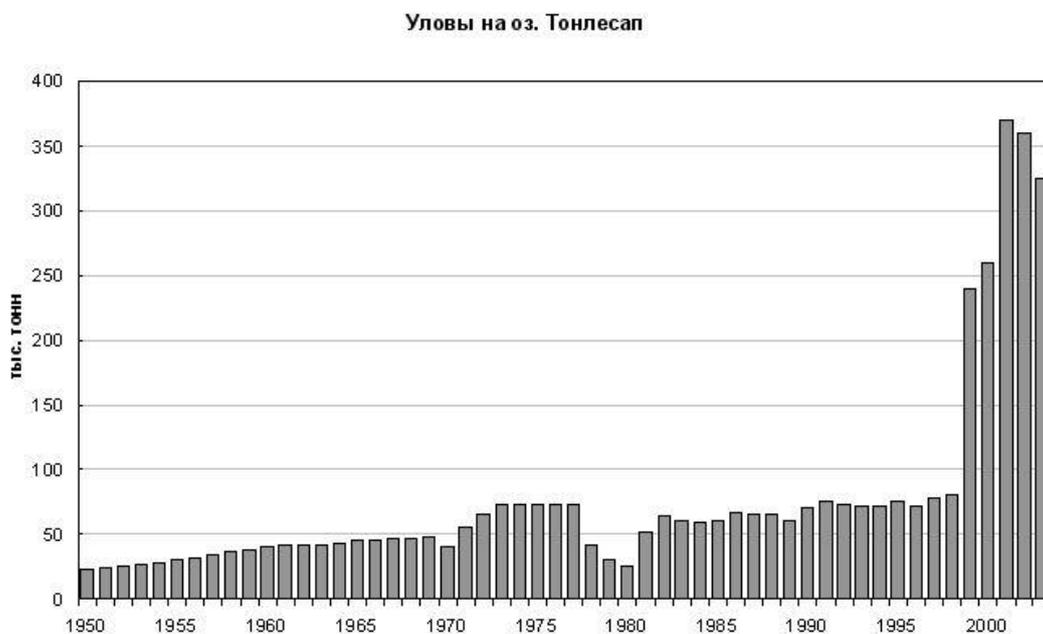


Рис. 3.4. Официальная статистика уловов за 1950-2003 гг., по данным Lamberts, 2006.

2003). В тоже время уловы на р. Тонлесап составляют 12000 тонн/год (Campbell et al., 2006). Максимальный вылов, 360000 тонн, зафиксирован в 2002 г. (Sarkkula et al., 2004). Рыбная продуктивность озера при высоком уровне воды оценивается в 13900 – 19000 кг/км² (Lieng & van Zalinge, 2001). На рис. 3.4 приведена официальная статистика уловов за 1950-2003 гг. Необходимо отметить, что статистика до 1999 г. занижена, так как базировалась лишь на уловах крупных и средних рыболовецких хозяйств и не учитывала индивидуальный вылов, составляющий значительную долю от общих уловов.

Около озера зарегистрировано 23 разновидности змеи, большинство видов принадлежат к семейству ужеобразных, а также к цилиндрическим, бородавчатым, лучистым змеям, гадюковым, асидам и питонам (Campbell et al., 2006). Здесь обитает 13 разновидностей черепахи, однако большинство видов в последнее время стали крайне малочисленны. Также на озере живет одна аборигенная разновидность крокодила (*Crocodylus siamensis*), находящаяся под угрозой исчезновения. На смену аборигену завезены два вида-вселенца, активно выращиваемые на крокодиловых фермах.

Богатство рыбными запасами привлекает на озеро тысячи птиц, которые прилетают сюда

еще до наступления паводкового периода. На озере зарегистрировано более 100 видов водоплавающей птицы, из которых 14 находятся под угрозой исчезновения. Среди них: серый пеликан (*Pelecanus philippensis*), индийский и яванский марабу (*Leptoptilos dubius*, *Leptoptilos javanicus*), бенгальский флорикан (*Houbaropsis bengalensis*), змеешейка (*Anhinga*), большой подорлик (*Aquila clanga*), могильник (*Aquila heliaca*), сероголовый рыбный орел (*Ichthyophaga ichthyaetus*), индийский журавль (*Grus antigone*), черноголовый ибис (*Threskiornis melanocephalus*), ивис Дэвисона (*Pseudibis davisoni*), серый и индийский клювач (*Mycteria cinerea*, *Mycteria leucocephala*), азиатский ябиру (*Ephippiorhynchus asiaticus*), азиатский золотой ткач (*Ploceus hypoxanthus*) и камышовка (*Acrocephalus tangorum*) (Campbell et al., 2006).

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Тонлесап составляет 85620 км² (Sokhem et al., 2006), он определяется как площадь бассейна р. Тонлесап до ее слияния с р. Меконг, расположенной приблизительно на 100 км ниже границ озера в меженный сезон. Около 80000 км² водосбора принадлежат Камбоджи и включает 8 провинций страны и один муниципалитет, еще около

5000 км² принадлежит Таиланду. В силу недавних экономических и политических экспериментов Камбоджа является одной из беднейших стран Азии (Matsui et al., 2006), а бассейн оз. Тонлесап – одним из наиболее бедных районов страны. Внутренний Валовой Продукт (ВВП) на душу населения составлял в Камбодже на уровень 2009 г. - 2084 доллара/год, средний доход на душу населения - 805 долларов/год.

На водосборе оз. Тонлесап проживает около 4.5 млн. человек (Campbell et al., 2006), 1/3 из которых живет за чертой бедности. Темпы ежегодного прироста населения составляют от 2.5 до 4.8% (Keskinen M. 2003). Непосредственно вблизи озера и на нем живет 1.2 миллиона камбоджийцев, занятые преимущественно рыбной ловлей, здесь расположено около 160 коммун. Дома строятся на высоких сваях, чтобы в период разлива они не ушли под воду. Основное занятие населения, проживающего на заливаемых территориях и вдоль бассейна р. Тонлесап – сельское хозяйство, в нем занято около 70% жителей региона. При этом около 17% домашних хозяйств являются безземельными (Keskinen M. 2003).

Вблизи озера расположено 350000 га земель, пригодных для сельского хозяйства (Varis et al., 2006), обеспечивающего 12% общего урожая в стране (450000 тонн). Основная культивируемая культура – рис. Также в небольшом количестве выращиваются золотистая фасоль, овощи и дыни, под этими культурами занято лишь 600 га (Keskinen M. 2003). В условиях технической примитивности, сельское хозяйство крайне зависимо от природных условий (Matsui et al., 2006), что ведет к нестабильности урожаев, особенно в условиях выращивания монокультуры. Чрезмерные и слишком быстрые разливы губительны для урожая риса при системе его заливной культивации, наиболее распространенной среди беднейших слоев крестьянства. При отсутствии альтернативного заработка неурожай приводят к голоду и нищете. В последнее десятилетие различные международные организации проводят программы помощи Камбоджи, направленные в значительной степени на поощрение местных фермеров к выращиванию наряду с рисом и других культур, прежде всего зерновых.

Оз. Тонлесап обеспечивает 75% национального внутреннего производства рыбы Камбоджи. Слабое управление и плохая организация

производства приводят к низким прибылям. Особенно тяжело приходится мелким рыбацким хозяйствам, проигрывающим в конкурентной борьбе крупным. Нищета приводит к усилению конфликта индивидуальных и групповых интересов, столкновению интересов рыболовных товариществ и мелких фермеров. Рыболовы заинтересованы в осушении заливных территорий в маловодный сезон для сбора рыбы, тогда как фермеры нуждаются в сохранении воды, необходимой для произрастания риса. Слабое управление в условиях нищеты и расхождении интересов вызывает чрезмерную эксплуатацию природных ресурсов.

Наряду с сельским хозяйством и рыбной ловлей в регионе развивается туризм, из отраслей экономики – производство одежды. Из природных ресурсов добываются железная руда, марганец, фосфорная кислота, драгоценные камни, лес, развивается гидроэнергетика. Одежда, рис, рыба, лес, каучук, табак и обувь являются предметами экспорта Камбоджи.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Среди негативных явлений, наблюдаемых на оз. Тонлесап – сведение лесов, загрязнение, снижение рыбных запасов и численности рептилий, внедрение экзотических видов, техническое строительство и эрозия. На водосборе наблюдается активное сведение лесов, прежде всего, с целью расширения сельскохозяйственных площадей. Кроме того, дерево используются для обогрева жилищ, а также для создания западни для рыбы. Практически все домашние хозяйства обогреваются за счет древесины и древесного угля. В течение XX в в бассейне р. Меконг было вырублено 69 % первоначальных лесов. Согласно Woodsworth (1995) в 1930-е гг. леса занимали более миллиона гектар, в 1960-е – 614000, а к концу XX века – лишь 360000 га. Сведение лесов привело к деградации почвенного покрова, возросшей эрозии и потере сред обитания для разнообразной фауны. Недостаток знаний в области функционирования озерно-болотно-лесных экосистем в условиях субэкваториального климата, понимания механизма антропогенного воздействия на такие экосистемы, а также слабое управление и отсутствие соответствующих механизмов воздействия, являются причинами продолжающейся деградации уникальных биотопов.

Около 23% заливаемых земель вокруг озера

отданы под плантации риса. Активное развитие земледелия привело к большому количеству сельскохозяйственных стоков, обогащающих озерную воду биогенными веществами. Однако согласно мнению Sarkkula et al., (2004) к оз. Тонлесап в полной мере не применимо традиционное понятие эвтрофирования. Естественно высокий уровень первичного производства эффективно используется в пищевой цепи и ведет к увеличению урожайности рыбы. Обильных расцветов фитопланктона не происходит из-за быстрого его поедания зоопланктоном и рыбами-планктонофагами. Таким образом, увеличение биогенного притока, скорее всего, приводит к повышению рыбного производства без отрицательных побочных эффектов (Sarkkula et al., 2004).

Намного хуже на экологическом состоянии озера сказывается возрастающее использование в сельском хозяйстве химических удобрений и пестицидов, а также отсутствие обработки сточных вод. Большое количество загрязняющих веществ поступает в водоем с коммунальными стоками. При высокой плотности населения и значительных темпах его прироста коммунальные стоки становятся одним из важнейших бедствий для озера. Сточные воды, содержащие патогенные организмы, без какой либо обработки попадают в водоем, который обеспечивает питьевую воду для миллиона людей, расселившихся по его берегам. Обработка воды, используемой в питьевых и бытовых целях, фактически не производится. Это приводит к распространению кожных и желудочных инфекций, приводящих порой к смертельному исходу, в том числе среди детей.

Отрицательные последствия в озерной экосистеме вызывает нерегламентированное использование его биоресурсов. Из-за активного вылова в озере снизились рыбные запасы. Прежде всего, наблюдается исчезновение крупных репродуктивных особей. В уловах попадает все большее количество мелкой рыбы (Lamberts, 2006). Снижение рыбных запасов приводит к каскадному эффекту по всей трофической цепи, понижая численность рептилий, птиц и млекопитающих, обитающих вокруг озера. Из-за чрезмерного отлова падает численность эндемичной водной змеи. Данные, собранные в 1999, и 2000 гг. указывают, что в течение пика влажного сезона в день собиралось и продавалось более 8500 змей (Campbell et al., 2006).

Наряду со снижением численности аборигенной биоты, происходят инвазии, то есть внедрение экзотических видов. В озере и вокруг него зарегистрировано 12 новых видов. Среди растений это двое злаков: брахциария *Brachyaria mutica* и ежовник *Echinochloa stagnina*, агрессивный водный гиацинт и гигантская мимоза *Mimosa pigra*. Из рыб - коммерческие виды: толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), тилапия (*Oreochromis spp*) и карп (*Oreochromis spp*), среди рептилий – дальневосточная черепаха (*Pelodiscus sinensis*), а также разводимые на фермах эстуариевый и кубинский крокодил (*Crocodylus porosus*, *C. rhombifer*). Кроме того, в регион попала вредоносная для рисовых посевов золотая улитка (*Pomacea sp.*) (Campbell et al., 2006)

В бассейне р. Меконг в последнее десятилетие происходило активное гидротехническое строительство, направленное, прежде всего, на получение гидроэнергии. Ряд плотин уже построен, ряд находится в процессе конструкции. 7 или 8 плотин строятся на территории Китая, в том числе несколько крупных. Гидроэнергетика предполагает изменение внутригодового режима р. Меконг, увеличение минимального и снижение максимального стока. В результате можно ожидать значительное изменение гидрологического режима оз. Тонлесап - паводковые разливы на озере должны уменьшиться, а меженный уровень вырасти. Согласно модельным расчетам (Halsgow, 2004) снижение составит 0.4 м, а рост уровня в сезон межени – 0.3 м. Площадь разлива озера может сократиться на 11%, что скажется как на сельском хозяйстве, так и на рыболовстве (Sarkkula et al., 2004). Кроме гидроэнергетического строительства планируется переброска стока в верховьях реки Меконг. Ее цель направить поток в бассейн Менам-Чао-Праи для дальнейшего использования воды на орошение сельскохозяйственных полей в Таиланде. Предполагается, что снижение расхода воды в средней и нижней части реки будет незначительным.

Еще одной проблемой на водосборе озера является эрозия. Согласно национальным оценкам, выполненным в середине XX в. (Bardach, 1959, Carbonnel and Guiscafre, 1963, и др.) оз. Тонлесап должно быстро заиляться. В водоем ежегодно поступает 8.6 млн. тонн осадка (77.9% от р. Меконг и 22.1% с притоками). Вынос составляет 3.8 млн. тонн, таким образом, в озере и на заливаемой части поймы

остается 4.8 млн. тонн осадка. Однако произведенные недавно палеоолимологические и модельные исследования (Tsukawaki, 1997, Penny, 2002) показали, что отложение осадка на озере находится на уровне 0.1-0.16 мм/год приблизительно уже около 5500 лет. Значительная часть ила оседает не в озере, а на затопляемых землях, где используется растительностью (Matsui et al., 2006). Таким образом, угроза заиления водоема, по мнению большинства ученых, отсутствует, напротив, ил является важной частью озерной экосистемы, обеспечивающей питательную среду. Между тем, некоторые ученые (Csavas, 1994, Bruce and Tola, 2002) обращают внимание на тот факт, что в связи со сведением лесов и развитием горнодобывающей промышленности на водосборе, скорость заиления должна увеличиваться. Так, Csavas (1994) указывает на рост скорости осадконакопления в юго-восточной части озера. При отсутствии точных данных за последние десятилетия, окончательный вывод о влиянии происходящих на водосборе изменений на скорость заиления пока делать рано. Однако, необходимо учитывать, что заиление нижней части р. Тонлесап может сократить приток воды из Меконга и отразиться на ежегодных миграциях рыбы. В тоже время снижения поступления ила, являющегося, например, следствием гидротехнического строительства на р. Меконг, приведет к снижению рыбной продуктивности.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

С начала 1990-х годов на проблемах оз. Тонлесап сконцентрировано внимание властей Камбоджи, а с 1997 г. озеро попало под особое внимание ЮНЕСКО, когда оно стало сайтом программы "Человек и биосфера" (Keskinen M. 2003). Озеро предложено также включить в список Рамсарских охраняемых территорий. В 2001 г. Королевским Указом был учрежден биосферный заповедник Тонлесап, включающий как само озеро, так и часть поймы - пресноводный болотно-лесной экорегиион вокруг озера в границах разлива р. Тонлесап в сезон летних муссонов. Охране, прежде всего, подлежит озеро с его богатейшим птичьим населением и рыбными запасами, а также произрастающие в регионе уникальные галерейные леса. Заповедник разделен на три зоны - основную, буферную и переходную. Площадь каждой из них составляет, соответственно, 42300, 541000 и около 900000 га. Основная

зона предполагает строгую охрану, в переходной зоне производится устойчивое управление водными ресурсами, а в буферной управление должно совмещаться с охранными мероприятиями. Однако, на сегодняшний день, степень защиты озера пока недостаточная, и браконьерство, прежде всего незаконный лов рыбы, остается серьезной проблемой даже для основной зоны (Matsui et al., 2006).

В 2003 г. была сформулирована стратегия управления ресурсами оз. Тонлесап, одновременно направленная как на поддержание его водных и биологических ресурсов, так и на борьбу с нищетой в Камбодже. Проект Управления Экологическим Состоянием оз. Тонлесап был рассчитан на 10 летний период. Стратегия управления включает: усиление координации управления водными ресурсами и планирования; организацию местных общин с целью их привлечения к управлению; разработку действенных механизмов и систем контроля, способных поддержать биологическую вариативность. В рамках проекта необходимо добиться рационального использования природных ресурсов в области земельного, лесного и рыбного хозяйства. Важнейшей задачей является борьба с нищетой без чего практически невозможно решение других вопросов. Проект будет финансироваться как правительством Камбоджи, так и рядом международных организаций и фондов, Глобальным экологическим фондом, ООН. Азиатским Фондом Развития на проект было выделено 15 млн. долларов. Активную, в том числе финансовую, поддержку программы оказывает правительство Финляндии. На полученные деньги предполагается в ближайшие сроки наладить очистку сельскохозяйственных стоков и очистку воды, используемую для питья. Кроме того, необходимо создать законодательство, регламентирующее лов рыбы, которое должно приостановить практику истощения рыбных запасов озера. В долгосрочной перспективе планируется восстановление лесных массивов. Предполагается, что создаваемая система управления ресурсами к 2020 г. начнет эффективно функционировать, позволяя восстановить окружающую среду и обеспечить сохранение биологической вариативности.

Происходящие в последние десятилетия изменения на озере Тонлесап свидетельствуют о сверхэксплуатации ресурсов как самого озера, так и вокруг него. Без срочной реализации Проекта Управления Экологическим Состоя-

нием озера, происходящие негативные изменения могут стать критическими для его уникальной экосистемы.

3.2. ОЗЕРО ДОНГТИНГ (ДОНГТИНГХУ, ДУНГТИНГХУ, ДУНТИНХУ)

Озеро Донгтинг (Донгтингху, Дунгтингху, Дунтинху) - большое мелководное озеро, расположенное на северо-востоке пров. Хунань, на левом берегу р. Янцзы, в ее среднем течении (рис. 3.5). Координаты озера - 28°18'-29°45'с.ш.; 111°35'-113°18'в.д. (Yinxin, 2006), урез воды находится на высоте 33.5 м над уровнем моря.

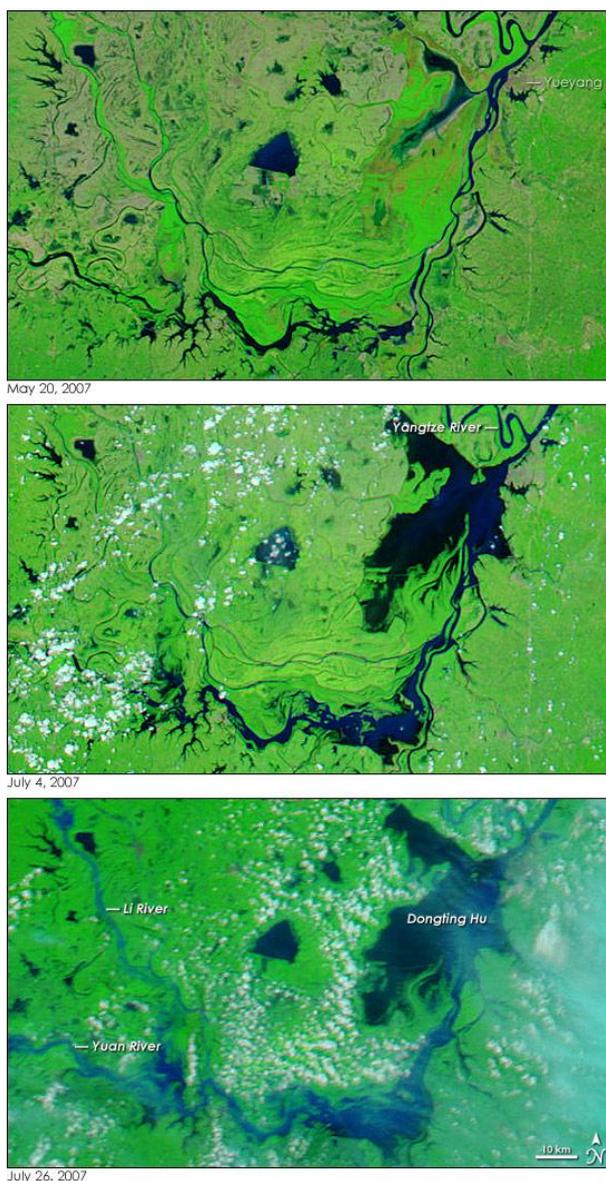


Рис. 3.5. Озеро Донгтинг. Фото NASA.

Происхождение озерной котловины – тектоническое. Она возникла в период Яньшаньского геологического процесса в мезозойскую эру.

Северо-западная часть бассейна поочередно то повышалась, то понижалась, чередуя морскую и наземную эпохи развития, тогда как юго-восточная часть практически не опускалась. Гималайская складчатость привела к погружению пород третичного возраста и расширению бассейна - четыре реки Сянцзян, Зи, Юань и Ли принесли свои воды в бассейн Янцзы, приведя к формированию группы озер (Jianqiang et al., 1995). С конца плейстоцена преобладали нисходящие движения коры, приводящие к расширению бассейна. Современное озеро Донгтинг было сформировано при повышении уровня океана в начале голоцена (Dai et al., 2005).

В зависимости от климатических условий площадь оз. Донгтинг на протяжении своего существования существенно изменялась. На рис. 3.6 показаны колебания его площади за последние 2000 лет. В течение большей части истории Китая оз. Донгтинг являлось самым крупным пресноводным водоемом Китая. Еще сто пятьдесят лет назад площадь его водного зеркала составляла 6200 км², однако быстро прогрессирующее отложение осадков и работы по реclamation земель значительно сократили его размер, и в середине XX в. оно уступило первенство оз. Поянху. В результате в китайской научной литературе со второй половины XX в. оз. Донгтинг называют вторым по величине пресноводным водоемом Китая. К концу XX в. его площадь составляла 2681 км² (Li et al., 2007). На рубеже XX и XXI веков, после того как с 1998 г. в Китае вступила в действие правительственная программа по возвращению земель, ранее отторгнутых у озера на сельскохозяйственные нужды (Peng et al., 2005), акватория оз. Донгтинг стала вновь увеличиваться. И в сухой и в паводочный сезон оно опять превосходит по площади оз. Поянху, однако уступает ему по объему заключенной воды. По данным на 2001 г. площадь оз. Донгтинг составляла 2950 км², средняя глубина - 6.7, а максимальная - 30.8 м, объем заключенной воды - 17.8 км³. В ближайшие годы благодаря программе по возвращению реclamation земель ожидается восстановление площади озера в зимний сезон до 4350 км² (Li, et al., 2007).

Озеро Донгтинг имеет большой водосборный бассейн, включающий весь Хунань и часть соседних провинций Хубэй, Сичуань, Чжучжоу. Рельеф слабо холмистый. Основную часть бассейна занимают сельскохозяйственные земли. Естественная растительность

Изменение площади водного зеркала оз. Донгтинг

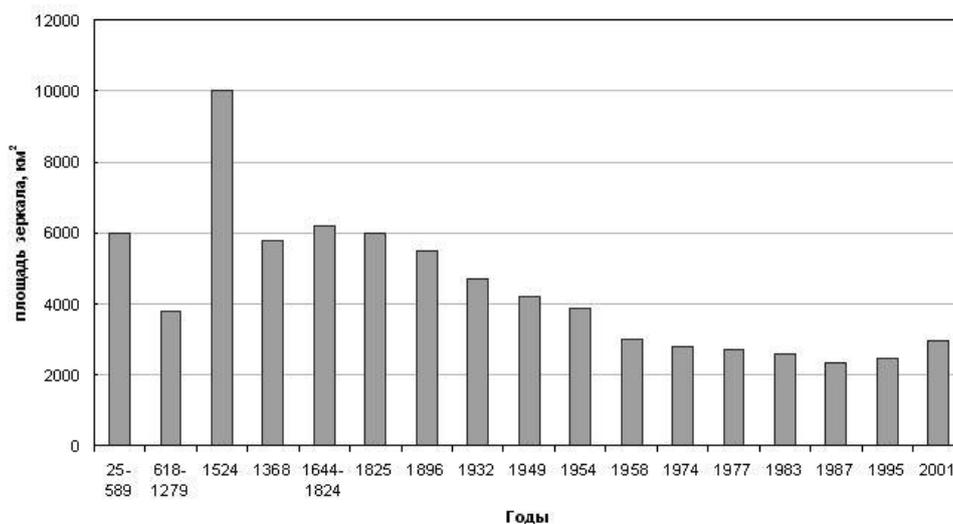


Рис 3.6. Изменение площади водного зеркала оз. Донгтинг на протяжении последних 2000 лет по данным: Wang et al., 1998, Chen and Yang, 2000, Zhou, 2001.

представлена буковыми и сосновыми лесами. Широкое распространение имеют падубовые, лавровые, чайные, рутовые, бобовые, злаки, астровые, молочайные, розовые, рдестовые и кувшинковые. Встречаются искусственные лесонасаждения, прежде всего из хвойных пород.

В сухой сезон озеро представлено тремя более или менее отдельными бассейнами: Западным, Южным и Восточным Донгтинг; некоторые авторы также выделяют Северное озеро и оз. Датонг. Самым крупным бассейном является Восточное Донгтинг, площадь которого составляет по данным Jianqiang et al., 2005 - 1478 км², оно обладает наиболее богатой биологической вариативностью, прежде всего разнообразной орнитофауной. Значительная область воды, пляжи и разнообразие природных ресурсов создают благоприятную среду обитания многих исчезающих видов, недаром Восточное Донгтинг считается «зоологической жемчужиной среднего течения реки Янцзы». Южное Донгтинг имеет площадь водного зеркала 917 км², славится живописностью своих берегов, также как и Восточное Донгтинг отличается богатой биологической вариативностью и благодаря множеству обитающих здесь водоплавающих птиц, в том числе редких видов, относится к важнейшим охраняемым болотно-озерным угодьям. Площадь Западного Донгтинг около 345 км², это наиболее глубокий бассейн с глубинами до 29-31 м (Jianqiang et al., 1995).

Вода из р. Янцзы течет преимущественно в Западное и Восточное озера через три канала и дренируется из северо-восточной оконечности Восточного озера обратно в р. Янцзы. В летний паводковый сезон все озера, составляющие оз. Донгтинг, объединяются в единый водоем с площадью зеркала от 3900 км² и более, в зависимости от водности года. Общий объем воды в озере оценивается в 17.8 км³.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Активное заселение бас. р. Янцзы началось во втором тысячелетии до н.э. Район озера Донгтинг начал активно осваиваться со времен династии Хань (206 г. до н.э. – 200 г. н.э.), его заливаемые берега представляли большой интерес для фермеров. Уже в 1-ом тысячелетии н. э. вдоль Янцзы стали строить набережные, сдерживающие ее в пределах русла в периоды подъема уровня. Для разлива реки предоставлялись южные земли около озера, которые, в результате принесения сюда богатого биогенными веществами осадка, отличались очень высоким плодородием.

Озеро Донгтинг играет важную роль в жизни и экономике пров. Хунань. Его вода используется для питьевых целей, на нужды коммунального хозяйства, промышленности, орошения. Озеро богато своими рыбными запасами, уловы составляют от 15000 до 70000 метрических тонн, а также тростником, распростра-

Среднегодовое параметры климата, оз. Донгтинг

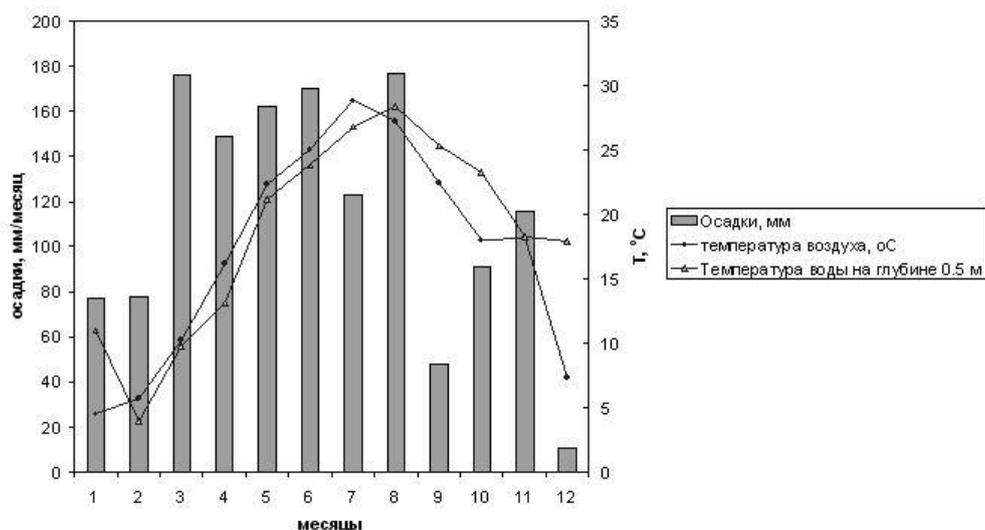


Рис. 3.7. Среднемесячные данные по осадкам и температуре воздуха на ст. Yuanjiang, и температура воды на ст. Chenglingji по данным ILEC.

нившимся на площади около 60000 га и дающим урожай до 565400 тонн (Jianqiang et al., 1995). Здесь активно развит речной и озерный транспорт. Озеро играет важную рекреационную роль. Кроме того, оно является естественным регулятором стока р. Янцзы. Район озера Донгтинг часто упоминается в истории и литературе Китая. Оно известно в китайской культуре как место возникновения праздника драконьих лодок. Утверждается, что гонки на лодках-драконах зародились на восточном берегу озера как праздник в честь памяти поэта Цюй Юаня (340—278 до н. э.), покончившего жизнь самоубийством в одном из притоков озера. Расположенный в центре озера остров Цзюньшань служил ранее даосским местом уединения, а также знаменит своим сортом жёлтого чая.

Климат. Характеристики термического режима

Климат региона переходный от средне к северно-субтропическому муссонному с очевидными чертами континентальности в отдельные сезоны. Значительную часть года преобладает влажная и теплая погода, однако присутствуют периоды, когда в регион прорываются холодные воздушные массы с севера. Весной и в первой половине лета температура воздуха подвержена периодическим колебаниям. С середины августа до конца октября устанавливается солнечная погода с небольшим коли-

чеством дождей. Среднегодовая температура воздуха изменяется в пределах бассейна от 16.4 до 17°C (Jianqiang et al., 1995). Наиболее холодный месяц январь (средние температуры 4-4.5°C), самый теплый – июль (29-30°C). Годовое количество осадков от 1200 до 1400 мм. Основное их количество (от 40 до 50%) выпадает с марта по июнь. Осенне-зимние месяцы характеризуются небольшой влажностью (Рис. 3.7).

Характеристики водного режима и водного баланса

На поверхность оз. Донгтинг за год выпадает в среднем 1279 мм осадков (Jianqiang et al., 1995) что эквивалентно 19.3 км³/год. С речным стоком поступает 312.6 км³ воды в год. Основное питание приносят реки Янцзы, Сянцзян, Зи, Юань и Ли, причем на долю Янцзы приходится около 2/5 притока (118 км³/год). Осредненная величина испарения составляет 745 мм (11.2 км³).

Для озера характерны значительные изменения уровня воды в течение года, составляющие 6.5 м на Западном озере и 17.8 м на Восточном. Озеро характеризуется относительно низким уровнем воды в прохладный сезон, продолжающийся с середины осени по середину весны. С апреля, за счет последовательного прохождения паводков на питающих его реках, уровень начинает повышаться. Паводок начинается на

небольших реках, где он происходит с апреля по июль (Li et al., 2003). Максимальный паводок на р. Янцзы приходится на июль-август, максимальные значения уровня наблюдаются также во второй половине лета. Наиболее раннее время формирования паводка на Янцзы - май, а наиболее позднее – октябрь. В годы, когда происходит совпадение по времени паводка на большинстве рек, происходят катастрофические наводнения. Отток из озера происходит по р. Янцзы и составляет около 300 км^3 воды в год. Площадь озера Донгтинг, составлявшая в конце XX века в зимний сезон 2690 км^2 и в летний – 3900 км^2 , в периоды катастрофических наводнений могла увеличиваться до 20000 км^2 . Минимальная площадь озера наблюдавшаяся в XX в. составляла 1659 км^2 (Li et al., 2003)

Низинные районы вокруг оз. Донгтинг окружены огромной дамбой, состоявшей до 1998 г. из 228 набережных, и имеющей высоту поверхности озера, 33.5 м. Без дамбы громадная область ниже озера в периоды наводнений могла бы быть полностью залита. Периодически при сильных наводнениях возникает угроза прорыва плотин, сдерживающих воду в озерной чаше. До 1911 г. наводнения на р. Янцзы происходили в среднем 1 раз в десятилетие, за 2200 лет их было 214 (Li et al., 2007). Из-за сокращения акватории озера и его заполнения наносами регулирующая роль озера снизилась и, наводнения стали более частыми и серьезными. Объем воды р. Янцзы, аккумулирующейся в озере в период паводка (объем притока минус объем оттока) только с 1950 по 1980 гг. уменьшился в два раза. В 1950-е гг. паводочный пик после прохождения через озеро сокращался на 31.5%, в 1970-е гг. – на 27.7%, в 1980-е гг. – лишь на 15.6% (Jianqiang et al., 1995).

В течение XX века наблюдалось 5 катастрофических наводнений, затронувших регион вокруг оз. Донгтинг. В конце 1990-х гг. наводнений стало еще больше (Zhang et al., 2006). В 1995 и 1996 гг. произошло затопление сдерживающей реку дамбы. Катастрофические подъемы уровня наблюдались также в 1998 и 1999 гг. Во время наводнения 1998 г. погибло более четырех тысяч человек и около четырехсот тысяч остались без крова. После этого, сдерживающие воду плотины существенно укрепили, так что они смогли выдержать катастрофическое наводнение 2002 г. (рис. 3.8).

Разливы воды Янцзы причиняют огромный ущерб местной экономике, причем, по мере развития бассейна, его размер становится все больше. Так, экономический ущерб от наводнения 1998 г. оценивается в 737 млн. долларов США. Наряду с материальным ущербом наводнения могут приводить к резкому ухудшению экологической обстановки. После наводнения на реке Янцзы в конце июня 2007 года около 2 млрд. мышей были вынуждены покинуть острова озера. Мыши разбежались по окрестностям, и повредили большое количество урожая, прежде всего зерновых. После уничтожения мышей их разлагающиеся тела еще долго отравляли местность, вызывая серьезную эпидемиологическую опасность.



Рис. 3.8. Катастрофическое наводнение 2002 г., фото NASA, сентябрь и март.

Вопросом, активно обсуждаемым в последние годы, является изменения режима озера Донгтинг, связанные со строительством дамбы «Три Ущелья» на р. Янцзы. Изменения наблюдаются уже с 2003 г., со времени завершения строительства плотины и начала заполнения водохранилища. После 2010 года ожидается ввод дамбы в эксплуатацию. Предполагается, что дамба позволит сократить пиковые паводки, так что экономика региона, наконец, перестанет нести ущерб от катастрофических наводнений (Li et al., 2007).

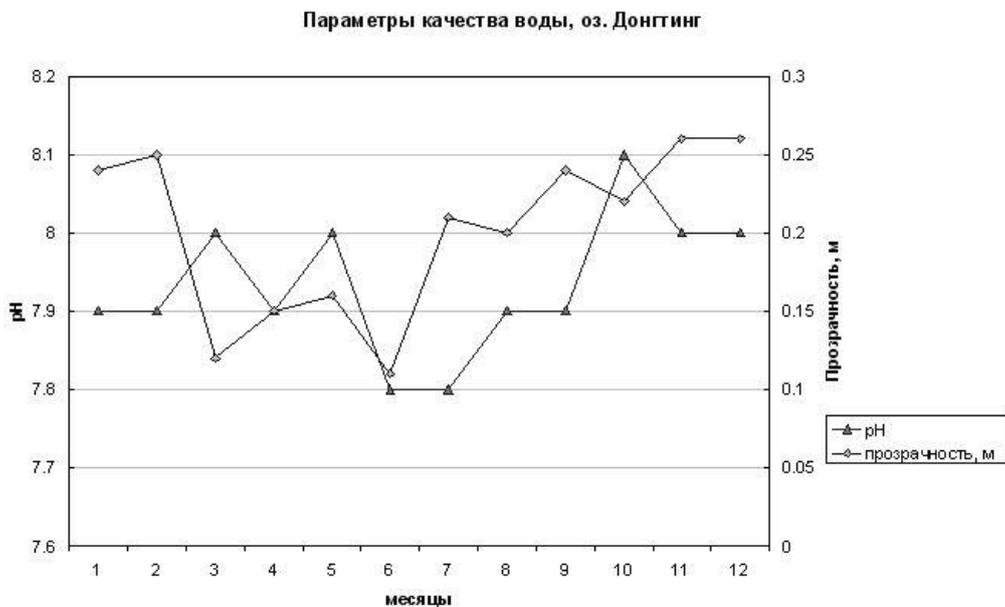


Рис. 3.9 Среднемноголетние данные по качеству воды оз. Донгтинг по данным ИЛЕС.

Основные характеристики качества вод

Вода оз. Донгтинг характеризуется невысокой минерализацией, электропроводность составляет в среднем 184 $\mu\text{S}/\text{cm}$, наиболее низкие ее значения наблюдаются в феврале (153 $\mu\text{S}/\text{cm}$), наиболее высокие – в августе (225 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Jianqiang et al., 1995). В силу высокой мутности, прозрачность воды низкая, 0.1-0.25 м. Реакция среды слабо щелочная, рН составляет

7.7-8.1 (рис. 3.9). Несколько более высокие значения (около 8.0) характерны для Восточного Донгтинг. Жесткость воды небольшая, 5.5-6.3 мг/л. Концентрация растворенного кислорода у поверхности в летние месяцы около 8 мг/л, в зимние – 11-13 мг/л. Концентрация $\text{NH}_4\text{-N}$ - 0.1-0.4 мг/л, $\text{NO}_3\text{-N}$ – 0.3-0.45 мг/л (рис. 3.10).

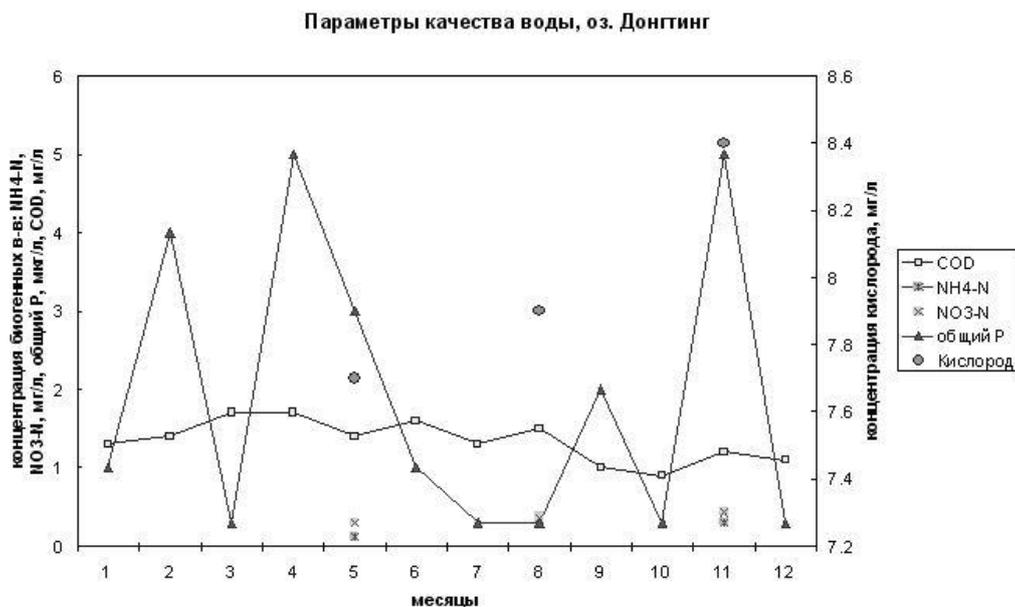


Рис. 3.10. Концентрация кислорода и биогенных веществ в оз. Донгтинг по данным ИЛЕС

Основные биологические особенности

Озеро Донгтинг характеризуется чрезвычайным богатством высшей водной растительности. Здесь насчитывается 77 видов, которые представляют 32 семейства и 59 родов (Jianqiang et al., 1995). Среди них - воздушно-водные макрофиты: веерник (*Miscanthus sacchariflorus*), тростник (*Phragmites communis*), цицания (*Zizania caduciflora*), болотница (*Eleocharis caduciflora*), камыш (*Scirpus triquetus*), перечный горец (*Polygonum hydropiper*); плавающие: альтернатера (*Alternanthera philoxeroides*), рогоз (*Typha orientalis*), лотос Комарова (*Nelumbo nucifera*), пистия (*Pistia stratiotes*), эвриала (*Euryale ferox*), болотноцветник (*Nymphoides peltatum*); погруженные: рдест (*Potamogeton crispus*, *Potamogeton malainus*, *P. distinctus*), гидрилла (*Hydrilla verticillata*), роголистник (*Ceratophyllum demersum*), уруть (*Myriophyllum spicatum*), валлиснерия (*Vallisneria spiralis*), ряска (*Lemna minor*). Растительность обильно распространяется по всему водоему, образуя несколько ассоциаций в виде концентрических окружностей, сужающихся от побережья к его центру. Плотность макрофитов - 66 гр/м² (NIRAJ, 1984).

В озере насчитывается 161 вид фитопланктона, принадлежащий 8 типам, 30 семействам, 72 родам (Jianqiang et al., 1995). Наиболее представительны диатомовые водоросли, которых насчитывают 75 видов, 58 - зеленых, 21 - сине-зеленых, по 2 криптофитовых, желто-зеленых, динофлагеллят, золотистых и эвгленид (Yinxin, 2006). Доминантными видами являются: *Microcystis*, *Eudorina*, *Asterocapsa*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Cosmarium*, *Melosira*, *Navicula*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Surirella*, *Cymbella* (Jianqiang et al., 1995). Большую часть года (за исключением летнего сезона) в Западном и Южном озере преобладают диатомовые, в Восточном озере многочисленны сине-зеленые. Средняя численность фитопланктона в Восточном озере составляет 112000 (82000-164000) экз./л., а в Южном - 183000 экз./л. (Jianqiang et al., 1995). Наибольшая концентрация фитопланктона наблюдается в мае и сентябре. Средняя концентрация хлорофилла-а составляет 0.42-0.51 мкг/л.

Численность зоопланктона в Восточном озере составляет 1910-5700 экз./л. Доминируют коловратки (1200-4600 экз./л), численность вейт-вистоусых рачков и веслоногих ракообразных составляет 60-430 и 10-190 экз./л,

соответственно. В Южном озере средняя численность зоопланктона - 2163 экз./л, среди них коловраток - 1345 экз./л. В Западном озере - 1954 экз./л и 1136 экз./л, соответственно. Наиболее распространенными видами являются: *Arcella*, *Diffugia*, *Epistylis*, *Asplancha*, *Brachinous*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Diaphanosoma*, *Cyclops* и *Nauplius*. Максимум численности приходится на июль-октябрь (Jianqiang et al., 1995).

В озере насчитывается 112 видов бентоса из которых 57 принадлежат к водным насекомым, 35 - к моллюскам, 12 - к малощетинковым червям. Наиболее распространенными видами являются: *Cryptochirochomus digitatus*, *Polypedilum sealaenum*, *Clynotanypus* sp., *Cryptochirochomus pascimanus*, *Brabchiura sowerbyi*, *Corbiculidae Fluminea*, *Limnoperna Laenstris*, *Ephemera* spp., *Ceratopogonidae*, *Neureclipsis*, *Bellamya aeruginosa*, *B. purificata*, *Vivlaria auriculata*. Плотность водных насекомых наиболее высокая в Западном озере - 374 /м², в Восточном озере она составляет 16 /м². Плотность брюхоногих моллюсков составляет в Западном и Восточном озерах - 60 и 8/м², а двустворчатых моллюсков - 580 и 8/м², соответственно (Jianqiang et al., 1995).

В озере обитает 114 видов рыб, принадлежащих к 11 отрядам и 22 семействам (Jianqiang et al., 1995). Здесь проживают представители семейства анчоусовых (*Coilia ectenes*), многочисленные представители семейства карповых: черный амур (*Mylopharyngodon piceus*), белый амур (*Stenopharyngodon idellus*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), карп (*Cyprinus carpio*), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*), амурский лещ (*Megalobrama* spp), золотая рыбка (*Carassius auratus*), чернобрюшка (*Xenocypris argentea*), желтощека (*Elopichthys bambusa*), черный амурский лещ (*Megalobrama* sp), семейства перцихтовых - китайский окунь (*Siniperca* spp.), семейства осетровых - осетр (*Acipenser sinensis*) и речной угорь (*Anguilla japonica*). Рыбная продуктивность составляет 70000 метрических тонн. Происходит постепенное уменьшение экономически важных и миграционных форм рыбы, и увеличение не мигрирующих рыб. (LBRI&ILECF, 1988)

В бассейне озера насчитывается 303 вида птиц, в т. ч. черный аист (*Ciconia nigra*), мандаринка (*Aix galericulata*), нырок Бэра (*Aythya baeri*), четыре вида журавля, включая серый (*Grus vipio*), дрофа (*Otis tarda*), египетская цапля

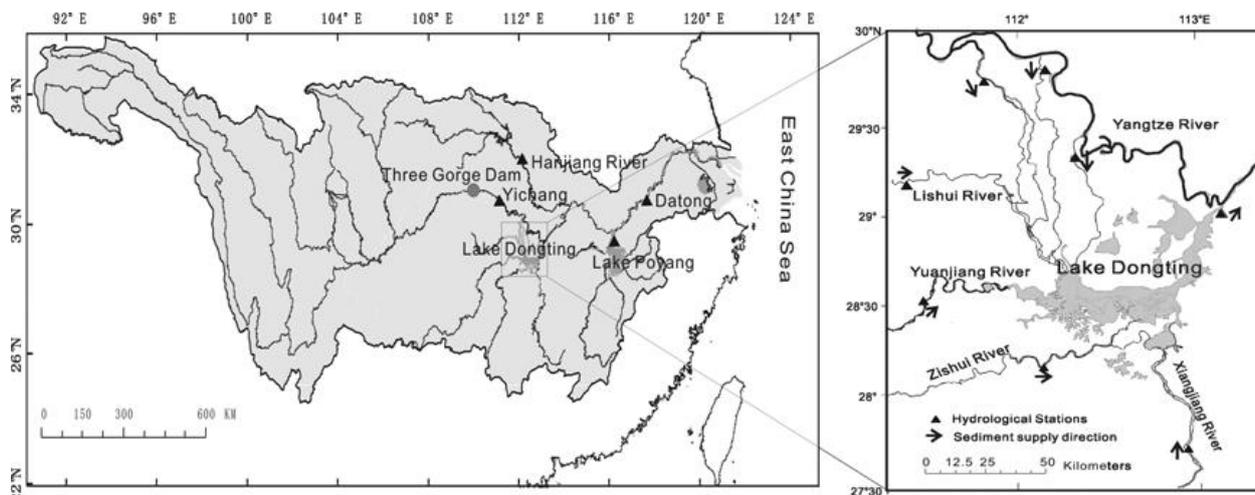


Рис. 3.11. Бассейн р. Янцзы (источник: Dai et al., 2005)

(*Bubulcus ibis*), малая и средняя белые цапли (*Egretta garzetta*, *E. intermedia*) малая паганка (*Tachybaptus ruficollis*), большая и черношейная поганки (*Podiceps cristatus*, *P. nigricollis*), обыкновенная колпица (*Platalea leucorodia*), американский лебедь (*Cygnus columbianus*), гуменник (*Anser fabalis*), серый гусь (*A. anser*), огарь (*Tadorna ferruginea*), лысуха (*Fulica atra*) Многие птицы находятся под государственной защитой. Среди редких видов – стерх (*G. leucogeranus*), черный журавль (*G. monacha*), даурский журавль (*G. grus*), чешуйчатый крохаль (*Mergus squamatus*), кудрявый пеликан (*Pelecanus crispus*), черноклювый аист (*C. ciconia boyciana*). Большое количество перелетных птиц прибывает на озеро в сезон миграции, когда уровень воды минимален и часть акватории превращается в водно-болотные угодья.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Донгтинг составляет 262800 км² (Jianqiang et al., 1995) из которых 78% находится в пров. Хунань. Горные хребты на востоке являются водоразделом между бассейнами оз. Донгтинг и оз. Поянху, горные хребты на юге отделяют бассейн оз. Донгтинг от бассейна р. Чжуцзян (Жемчужная), и горные хребты на западе – от бассейнов притоков Янцзы - рек Ву и Кинг (рис. 3.11). Водосбор озера плотно заселен, здесь проживает около 15 млн. человек. На протяжении большей части истории основным занятием местных жителей было сельское хозяйство и рыбная ловля. Среди выращиваемых культур: рис, хлопок, джут и др. Площади орошаемых земель составляет 965 тыс. га. В течение столетий водные ресурсы озера активно использовались для

орошения, в конце XX в. на орошение из озера изымалось 10.6 км³ воды/год (Jianqiang et al., 1995). Часть сельскохозяйственных площадей представляют собой рекультивированные земли.

Со второй половины XX в. в регионе активное развитие получила промышленность, в том числе текстильная, химическая, целлюлозная, пищевая, а также машиностроение, электроника, металлоплавление и др. Озеро используется как источник воды для коммунального и промышленного водоснабжения, для целей рыболовства, навигации (2-3 млн. пассажиров в год; грузоперевозки 15-19 млн. тонн/год) и туризма.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Развитие сельского хозяйства на водосборе оз. Донгтинг и активное применение удобрений вызвало существенное повышение содержания в воде биогенных веществ, ставшее наиболее заметным за последние двадцать лет. Содержание общего азота в озерной воде составляет более 1000 мкг/л, его наиболее высокие значения (1300 мкг/л) наблюдаются в Восточном озере, наиболее низкие (1040 мкг/л) – в Южном. Больших величин достигают в заливах и концентрации общего фосфора, его максимальные значения отмечались в Западном озере и составляли до 190 мкг/л, в Восточном их значения поднимались до 104 мкг/л, а в Южном – до 81 мкг/л (Jianqiang et al., 1995). Наряду с повышением трофности особую опасность представляет загрязнение воды пестицидами. Пестициды применяются для повышения урожая, борьбы с сельскохозяйственными вредителями, а также используются для предотвращения размножения брюхоногих

моллюсков, передающих шистосомоз. Оз. Донгтинг относится к числу китайских водоемов, в воде которых развиваются возбудители шистомоза - трематоды семейства шистоматид (*Schistosomatidae*). Шистосомоз очень опасное заболевание, промежуточными хозяевами трематод являются брюхоногие моллюски. Яйца, попадая в ткани моллюска, развиваются там, после чего из моллюсков выходят свободноживущие церкарии, внедряющиеся в кожу человека, животных или птиц. Согласно Jianqiang et al. (1995) с 1990 по 1995 гг. для борьбы с брюхоногими моллюсками было использовано 16560 тонн хромсодержащих детергентов и около 10000 тонн пентахлорфенолята натрия (C_6Cl_5ONa). Кроме того, количество пестицидов применяемых в Китае для повышения урожая составляло около 750 кг/га земли. В результате, в 1990-е гг. средняя концентрация органохлоринов в воде оз. Донгтинг составляла 12 мкг/л, а ДДТ – 0.05 мкг/л. В дальнейшем интенсивность применения пестицидов заметно снизилась, были запрещены органохлорины, однако опасность отравления пестицидами остается и сегодня. Содержание ДДТ в рыбе в сотни и тысячи раз превышает ее концентрацию в воде (Jianqiang et al., 1995). Высокое содержание пестицидов, в том числе органохлоринов, отмечается в донных осадках.

Быстрое индустриальное развитие во второй половине XX в. вызвало локальное загрязнение рек и небольших прилегающих озер тяжелыми металлами и органическими загрязнителями. Основными загрязняющими производствами явились предприятия химической, целлюлозно-бумажной промышленности и книгопечатание. Наиболее выражено загрязнение воды ионами аммония и фенолами (Jianqiang et al., 1995). В озерной воде и, прежде всего, в донных осадках повысилось содержание таких токсичных элементов, как ртуть, кадмий, хром, мышьяк, свинец, фенолы, цианиды, сульфиды и др. Наиболее высокое содержание тяжелых металлов (исключая ртуть) наблюдается в донных отложениях Восточного озера, куда они приносятся с водами р. Сянцзян и Зи. Самое высокое содержание ртути в донных отложениях устья р. Юань (Jianqiang et al., 1995).

Кроме сельскохозяйственного и промышленного загрязнения, значительное загрязнение воды происходило также из-за активного судоходства на водоеме. Хоть

основное озеро Донгтинг и продолжает на сегодняшний день сохранять в целом приемлимое качество воды и мезотрофный уровень, многие его районы находятся на стадии перехода к эвтрофному состоянию. Наиболее сильное загрязнение и высокий уровень трофности наблюдается в Западном Донгтинг, в которое поступает наибольшее количество стоков, прежде всего от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Периодически, некоторые его заливы испытывают значительный дефицит кислорода, что приводит к заморным явлениям (Jianqiang et al., 1995). Наименьшее загрязнение - в Восточном Донгтинг, Южное Донгтинг по качеству воды занимает промежуточное положение. Самая неблагоприятная экологическая обстановка на озере наблюдалась в 1999, 2004 и 2006 гг. В 1999 г. проблемы были вызваны высоким поступлением общего фосфора. Ухудшение качества 2004 г. было обусловлено быстрым строительством на берегах озера - в связи с заселением только построенного жилья недостаточно очищенные коммунальные стоки привели в первое время к существенному загрязнению воды по ряду показателей, однако ситуация была достаточно быстро исправлена. В 2006 г. причиной ухудшения качества воды явился очень низкий приток по Янцзы, составивший всего 18.3 км³ (Li et al., 2009).

Исторически оз. Донгтинг играло огромную роль в регуляции бюджета наносов в бассейне р. Янцзы. Значительное их количество аккумулируется в озере, что снижает нормы осадконакопления ниже по течению р. Янцзы. На протяжении голоцена нормы осадконакопления в озере составляли около 1/3 от общего количества осадков, выносимых р. Янцзы в море. При этом для самого озера осадконакопление представляет большую экологическую проблему. Оно является причиной неприятностей для водного транспорта, сокращает объем озера, его аккумулирующую способность в паводочный сезон и воздействует на рыбную продуктивность через изменения в аквасистеме.

Согласно Dai et al (2005) в течение голоцена в озеро ежегодно поступало от 50 до 80 млн м³/год осадков. В период 1934-1936 и 1951-1964 гг. 4 основных притока приносили в озеро ежегодно 164 млн. тонн осадков. Их вынос составлял лишь 23.1% от поступившей массы (Jianqiang et al., 1995). Dai et al. (2005), оценили средний за период с 1956 по 2003 гг. привнос

Отложение осадков на оз. Донгтинг

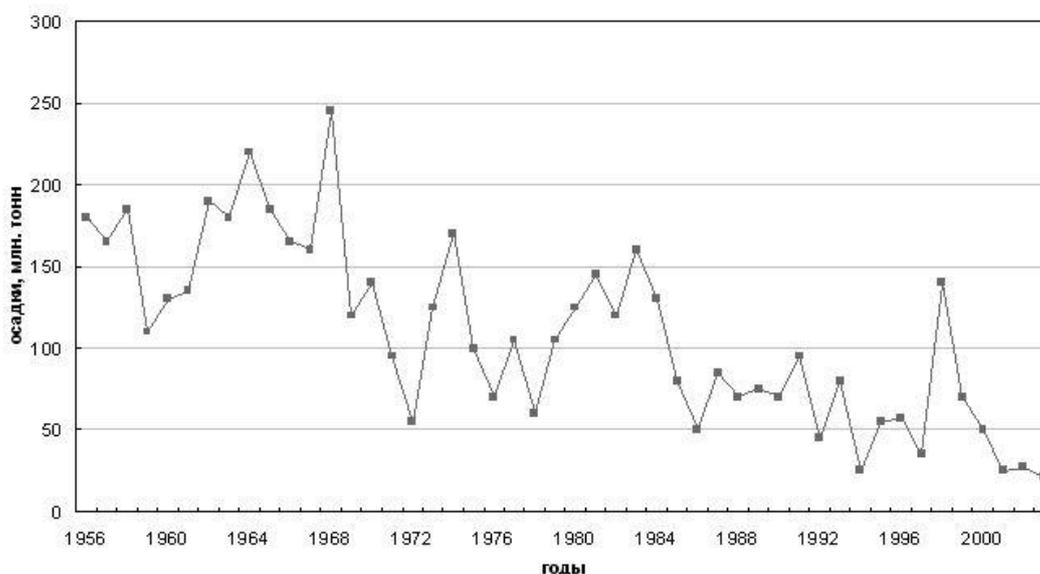


Рис. 3.12. Отложение осадков в оз. Донгтинг за 1956-2003 гг. по данным Dai et al., 2005.

осадков в озеро в 110.6 млн. тонн в год, причем было отмечено, что в первую половину периода эта величина была значительно выше (рис. 3.12). Скорость отложения осадков составляла в среднем по озеру около 10 см/год. В Западное и Восточное озеро ежегодно поступало 6000 и 9700 м³ наносов, при этом аккумулировалось, соответственно, 3000 и 6400 м³/год (Jianqiang et al., 1995).

Местные водоохранные постановления, направленные на снижение скорости заполнения озерной чаши наносами были сформулированы в 1981 г. Лесонасаждение и строительство больших дамб, таких как «Три Ущелья», значительно сократили осадконакопление в последние годы. В 2003 г. после завершения строительства дамбы «Три Ущелья» последовало заполнение водохранилища. Только за первые 4 месяца (июнь-сентябрь) в водохранилище было аккумулировано около 100 млн. тонн осадка, что привело к существенному снижению осадконакопления ниже по течению р. Янцзы. За 2003 г. в оз. Донгтинг отложилось 20.8 млн. тонн осадков, скорость отложения снизилась до 4.7 мм/год (Dai et al. 2005).

Среди экологических проблем, с которыми столкнулось оз. Донгтинг в последние годы - значительное снижение численности рыб, связанное с увеличением загрязнения воды и чрезмерным выловом, в том числе брако-

ньерским. Кроме того, на озере наблюдается исчезновение ряда видов, обитавших в озере ранее. Огромный ущерб биологическому разнообразию нанесло практически полное исчезновение речного дельфина, проживавшего ранее в бассейне р. Янцзы. В 2007 г. встала проблема о возможном исчезновении китайской бесперой морской свинки, которой осталось около 1400 особей, в том числе 700-900 в бассейне Янцзы и около 500 в озерах Поянг и Донгтинг. К 2007 г. размер популяции свинок сократился в два раза относительно 1997 года и продолжает уменьшаться со скоростью 7.3% за год.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

С целью снижения осадконакопления в озере с 1980-х гг. ведется работа по усовершенствованию стока рек, что значительно уменьшает приток грязи в озеро. Для предотвращения эрозии во второй половине XX в. на водосборе было высажено около 150 млн. деревьев. Как описано выше, ожидается снижение осадконакопления в связи со строительством дамбы «Три Ущелья».

С 2005 г. на озере действует программа по поддержанию биологической вариативности. В программе задействованы как китайские, так и норвежские специалисты. Вклад норвежской стороны составляет 3.6 миллионов юаней.

Согласно проекту предполагается восстановить биологическую вариативность озера в течение 5-10 лет. Проект, как предполагается, должен служить моделью для защиты других крупных озер Китая.

В 2006 г. из-за значительного ухудшения качества озерной воды было принято решение о закрытии на водосборе 234 небольших бумажных фабрик. На оставшихся предприятиях были введены в действие дорогостоящие системы обработки стоков, обеспечивающие очистку высокого качества. До закрытия предприятия целлюлозно-бумажной промышленности ежегодно сбрасывали в озеро более 100 млн. тонн сточных вод, что привело к ухудшению качества воды, перешедшей на V уровень загрязненности, и резкому уменьшению рыбных ресурсов. Кроме того, многие жители начали испытывать дефицит питьевой воды. После закрытия предприятий, согласно проведенным мониторинговым исследованиям, качество озерной воды существенно улучшилось, вода в большинстве проб соответствовала III уровню загрязненности, а в ряде проб - II. Объем стоков, поступающих в р. Янцзы был сокращен наполовину. Был снят запрет на лов озерной рыбы (КИЦ, 2007).

В районе оз. Донгтинг создан государственный заповедник площадью 190 тыс га, где обитают 255 видов птиц, некоторые из них, такие как стерх, черный журавль, чешуйчатый крохаль и др., находятся под охраной государства.

3.3. ОЗЕРО ПОЯНХУ

Озеро Поянху (рис. 3.13) считается крупнейшим пресноводным озером Китая, оно расположено в пров. Цзянси в 50 км севернее г. Наньчан. Координаты: 28°22'-29°15'с.ш., 115°49'-116°45'в.д. (Guozhuang Shen et al., 2009). Озеро находится в равнинном районе, в нижнем течении р. Янцзы (рис. 3.11). Урез воды расположен на высоте 12 м над уровнем моря.

Чаша оз. Поянху имеет тектоническое происхождение. Она принадлежит к категории разломных впадин, рожденных под воздействием растяжения земной коры. В геологический период Юаньгудай этот регион был одной из частей морского жёлоба Янцзы. В период Яньшаньского движения, путём разрыва и оседания земной коры, здесь образовался бассейн конической формы. Современный вид озеро имеет около 1600 лет. Приблизительно в 400 году нашей эры р. Янцзы отклонилась

южнее своего изначального положения и изменила течение р. Ганьцзян, что привело к заполнению чаши, которую сегодня и занимает оз. Поянху. Своего максимального размера озеро достигло при династии Тан, когда его площадь составляла около 6000 км².

Озеро расположено на правом берегу р. Янцзы с которой оно соединено километровой протокой. Горой Сунмэньшань оно разделено на две части: узкую северную, имеющую протяженность около 40 км и соединенную с р. Янцзы, и расширенную южную – главное озеро, длиной 133 км и максимальной шириной 74 км. Глубины южной части небольшие, тогда как узкая северная часть сравнительно глубоководна. Южную часть называют Гунтинху или Цзутинху, а северную - Лосинху или Цзолиху. Площадь водного зеркала в сезон дождей составляет около 3850 км² (Jiang et al., 2008), объем заключенной воды - 27.6 км³. В сухой сезон площадь водного зеркала сокращается до 1000 км² и даже меньше. Средняя глубина озера – 8.4 м, максимальная – 25.1 м. Длина береговой линии около 1800 км. Время водообмена – около 5000 лет. В пределах озера расположено 25 групп островов, состоящих из 41 острова. Их общая площадь – 103 км² (Haixing, 1995). Наиболее крупные - о-ва Таниньдао, Чжупаошаньдао.



Рис. 3.13. Озеро Поянху. Фото NASA.

Окружающий озеро рельеф равнинный, слабо холмистый. Естественная растительность состоит, прежде всего, из широколиственных лесов с доминированием бука и широким распространением лавровых, чайных, мгнолиевых и падубовых, смешанных с другими породами, типичными для суббореальных лесных восточноазиатских ландшафтов. Характерен богатый видовой состав листопадных и вечнозеленых деревьев. В силу высокой заселенности, естественный растительный покров плохо сохранился и лес распространен лишь на небольшой территории. Характерны вторичные леса и искусственные лесонасаждения, преимущественно из хвойных пород.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Исторически через пров. Цзянси проходил основной путь в южные части Китая, так как этот коридор был одним из немногих удобных путей среди гор. В древний период Китая эта территория не входила в основные очаги китайской цивилизации. С 221 до н. э., еще до образования озера, территория провинции вошла в единую империю Цинь. Во время династии Тан была образована провинция Цзяннань, которая, как следовало из её названия (буквально, «к югу от реки»), занимала территорию к югу от реки Янцзы, включая и современную пров. Цзянси. В 733 г. пров. Цзяннань была разделена на 2 части: восточную и западную. Западная получила название Цзянси или Западная часть Реки. После падения династии Цин провинция стала опорой китайских коммунистов и крестьян, примкнувших к революции.

Климат. Характеристики термического режима

Регион озера характеризуется субтропическим муссонным теплым и влажным климатом со значительным количеством осадков (Jiang et al., 2008). Влажный сезон продолжается с апреля по сентябрь, с октября по март имеет место сухой сезон. Средние температуры воздуха составляют 16-18°C. В течение года температура редко опускается ниже нуля, хоть зимой и весной периодически происходят похолодания, вызванные холодными циклонами из Сибири. Безморозный период продолжается от 246 до 284 дней. Амплитуда экстремальных значений температуры значительная, минимум составляет минус 18.9, максимум – плюс 41.2°C.

Средняя годовая температура воды на озере составляет 18.3°C. Рост температуры происходит с февраля по август, снижение – с сентября по январь. Максимальные температуры воды за период наблюдений составляли 32.4-35.1°C, минимальные – от 0.4 до 2.2°C. Лишь в отдельные годы на водоеме образовывался тонкий ледяной покров. (Haixing, 1995). По площади водоема происходит небольшое увеличение температуры с севера на юг, составляющее от долей до нескольких градусов.

Характеристики водного режима и водного баланса

В бассейне оз. Поянху в год в среднем выпадает 1426 мм осадков (1400-1600 мм), около половины из них приходится на период с апреля по июнь. Средняя величина испарения составляет 1236 мм с разбросом по годам в пределах 461 мм (Haixing, 1995). С речным стоком в озеро поступает 1265 км³ воды в год. Основной приток приносят 5 крупных рек, р. Ганьцзян, Синьцзян, Фухэ, Сюшуй и Жаохэ, отток происходит по р. Янцзы. Р. Ганьцзян и Хьюцзян связаны с р. Янцзы посредством каналов.

Поскольку для р. Янцзы оз. Поянху служит естественным регулятором стока, уровень его воды в течение года и в многолетнем разрезе подвержен значительным колебаниям. Ежегодная амплитуда уровня составляет 10 м (Taige, 2008), размах колебаний за период измерений - 16.5 м. Самый высокий уровень, 20.7 м, наблюдался в июле 1998 г., самый низкий, 4.1 м, – в феврале 1963 г. (Jiang et al., 2008); среднемноголетний уровень - 12.8 м. В 75% случаев максимальный уровень приходится на июнь, а минимальный – на декабрь-январь (Haixing, 1995). Площадь водного зеркала озера в сезон дождей (в конце лета) увеличивается до 3000-4500 км².

В последние годы наблюдалось понижение минимальных уровней воды озера и, кроме того, удлинение сухого сезона (Taige, 2008). Если обычно минимум уровня приходился на январь-февраль, то в последние годы он случается в декабре и даже ранее. Снижение уровня приводит к возникновению дефицита воды в зимние месяцы.

Основные характеристики качества вод

Оз. Поянху характеризуется невысокой прозрачностью воды. На протяжении второй

Концентрация кислорода (мг/л) и pH в оз. Поянху

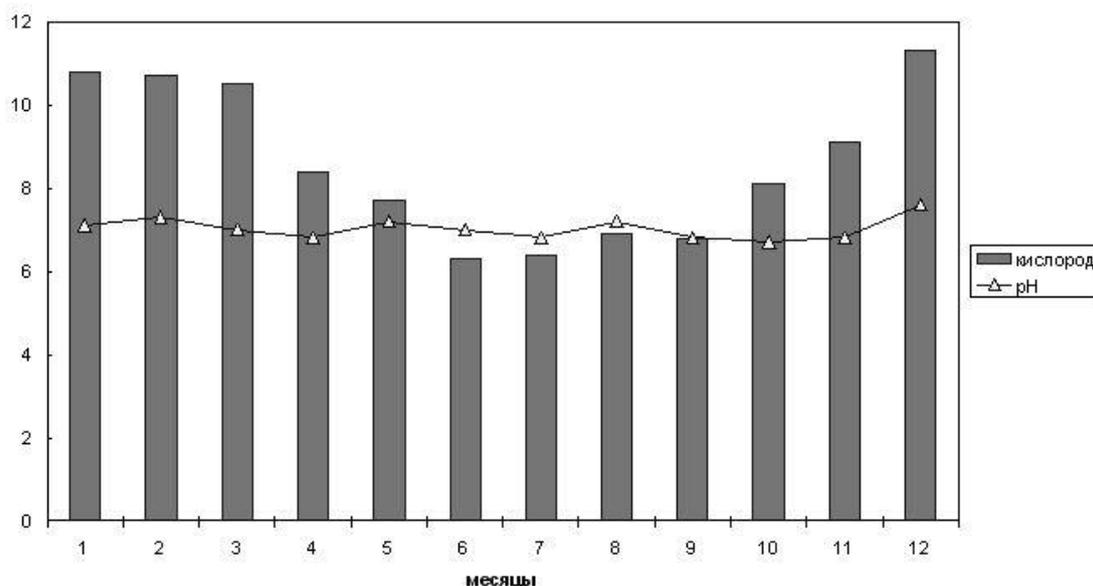


Рис. 3.14. Внутригодовое распределение концентрации кислорода и pH в оз. Поянху по данным Haixing, 1995.

половины XX в. в зимне-весенний сезон прозрачность составляла по большей части акватории от 10 до 35 см и, немного выше, от 10 до 40 см, в наиболее глубокой части водоема. Рост прозрачности происходил к началу лета и составлял в июне 30-50 (80) см, в июле-августе – 50-120 (220) см (Haixing, 1995). В последние годы из-за дночерпательных работ мутность воды значительно увеличилась.

Среди ионов в озерной воде преобладают карбонаты и гидрокарбонаты, составляющие около 80% от общей массы анионов, среди катионов доминируют калий и натрий. Средняя жесткость воды - от 13.6 до 23 мг/л. Значения pH варьируют по озеру от 6.6 до 8.5 при среднем – 7.3. Содержание кислорода - 6.3-11.3 мг/л (рис. 3.14). В летние месяцы оно падает, зимой – увеличивается. Концентрация хлорофилла-а – 0.45-2.2 мкг/л. Согласно мнению Haixing (1995) оз. Поянху на конец XX в. находилось на мезотрофном уровне. Повышенная трофность наблюдалась в приустьевых участках питающих его рек и в дельтах, здесь в некоторые месяцы вода соответствовала мезотрофно-эвтрофному и эвтрофному состоянию.

Основные биологические особенности

На озере Поянху произрастает 102 вида макрофитов, принадлежащих 38 семействам. В

конце XX в. они покрывали около 80% площади озера (Haixing, 1995), создавая благоприятную среду для роста различных видов рыб и других представителей озерной фауны. При низкой воде доминируют осоковые (*Carex* spp.), тростник (*Phragmites australis*), веерник (*Miscanthus saccharifloras*). В период высокой воды многочисленны рдест (*Potamogeton malaianus*), валлиснерия (*Vallisneria spiralis*), гидриллы (*Hydrilla verticillata*), чилим (*Trapa* spp.), болотноцветник (*Nymphoides peltatum*). На озере выделяется 9 ассоциаций, характеризующихся различной структурой и видовым составом. Общая биомасса макрофитов оценивается в 3.88 млн. тонн/год, 1208 гр/м² (Haixing, 1995).

В озере насчитывается 154 вида фитопланктона, принадлежащих к 8 типам и 54 семействам. 78 видов являются представителями отдела зеленых водорослей, 31 – диатомовых, 25 – сине-зеленых, по 6 золотистых и эвгленид, 4 – желто-зеленые водоросли, 3 динофлагелляты, 1 – криптофитовые водоросли (Haixing, 1995). Доминантными видами являются среди сине-зеленых: *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena*; среди диатомовых: *Melosira*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Surirella*; среди зеленых *Pediastrum*, *Spirogyra*, *Closterium*, *Staurastrum*, *Netrium*, *Xanthidium*. Среднегодовая численность фитопланктона составляет 476000 экз/л.

Наименьшее количество, 270000 экз/л, наблюдается в феврале, наибольшее, 3550000 экз/л, - в сентябре-октябре. Преобладают диатомовые и зеленые. Сине-зеленые распространены преимущественно летом, осенью появляется большое количество зеленых и динофлагеллят, зимой многочисленны диатомовые (Haixing, 1995).

В озере 59 видов зоопланктона принадлежащих 12 семействам, это коловратки, ветвистоусые рачки и веслоногие ракообразные из которых 13 циклопид. Циклопы преобладают по численности летом, составляя до 80% биомассы. Доминантными видами являются *Asplancha prodonta*, *Keratella*, *Polyarthra trigla*, *Conochilus unicornis*, *Brachinous calyciflorus*, *Monostyla lunaris*, *Diaphanosomabrachyurum*, *Moina micrura*, *Bosimnia*, *Sinocalanus dorrii*, различные виды *Mesocyclops* и *Nauplius* (Haixing, 1995).

Озеро характеризуется богатством бентосной фауны, в нем обитают различные виды губок, гидроидных и ресничных червей, круглых и брюхооресничных червей, малощетинковых червей, пиявок, брюхоногих и двустворчатых моллюсков ракообразных, водяных клещей и членистоногих. Наиболее многочисленны моллюски, широко распространены: *Alocinma longcornis*, *Parafossarulus striatulus*, *Bellamyia aeruginosa*, *B. purificata*, *B. quadrata*, *Parafossarulus sinensis*, *P. eximus*, *Semisulcospira cancellata* (Haixing, 1995). Согласно расчетам Guozhuang Shen et al. (2009) общая биомасса озера Поянху составляет $1.06 \cdot 10^9$ кг, средняя – 682.86 г/м².

В озере 122 вида рыб, принадлежащих к 21 семейству, преимущественно карповые (Cyprinidae - 65 видов), а также вьюновые (Cobitidae – 9), кефалевые (Mugilidae – 5), сельдевые (Clupeidae – 3), головешковые (Eleotridae – 3) и др (Haixing, 1995). Кроме того, встречаются моллюски, креветки, крабы. Годовой улов рыбы составляет 20000-40000 тонн.

В бассейне оз. Поянху насчитывается 332 вида птиц, в том числе 115 водоплавающих. В сезон миграции, когда площадь водного зеркала существенно сокращается, оставляя комплекс заболоченных земель, здесь останавливается около полумиллиона особей различных видов (рис. 3.15). 54 вида занесены в Красную книгу, в том числе: чирок-клоктун (*Anas formosa*), пеликаны (*Pelecanus*), черный аист (*Ciconia nigra*), большая дрофа (*Otis tarda*), стерх или

белый журавль (*Grus leucogeranus*). Стерх является эндемиком северных территорий России, и находится под угрозой исчезновения. В настоящее время численность вида (в дикой природе) оценивается в несколько тысяч особей, почти вся восточная популяция, гнездящаяся на севере Якутии, зимует на оз. Поянху (Poyang Lake..., 2008). Наряду с белым журавлем на озере зимует также даурский, черный и серый журавли (*Grus vipio*, *G. monacha*, *G. grus*). В регионе встречается японский журавль (*Grus japonensis*). Среди других видов - белый аист (*Ciconia ciconia*), многочисленные утки: шилохвость (*Anas acuta*), чирок-свиистунок (*A. crecca*), косатка (*A. falcata*), кряква и черная кряква (*A. platyrhynchos*, *A. poecilorhyncha*), серая утка (*A. strepera*), сухонос (*Anser cygnoides*), белолобый гусь (*Anser albifrons*) (Haixing, 1995).



Рис. 3.15. Прилет птиц на оз. Поянху в период сокращения площади озера.

Благодаря высокой биологической вариативности озеро имеет охранный статус. Площадь водно-болотных угодий вокруг озера составляет 390000 га, площадь охраняемых угодий - 22400 га (Haixing, 1995).

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Поянху составляет 162225 км² (Haixing, 1995) и охватывает практически всю пров. Цзянси, где на уровень

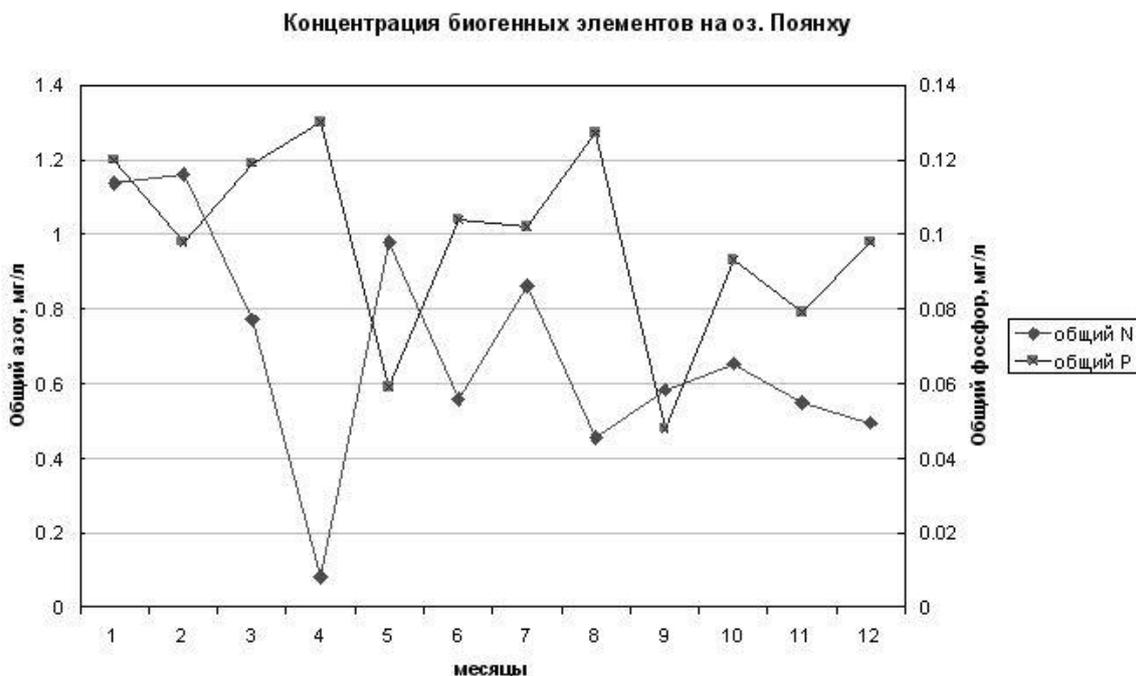


Рис. 3.16. Внутригодовое распределение концентрации общего азота и фосфора в оз. Поянху по данным Haixing (1995).

2009 г. проживало около 44 млн. человек, при этом около 9 млн. непосредственно вокруг озера. Из-за частых наводнений провинция относится к наиболее бедным областям Китая. Значительный ущерб местной экономике был нанесен последними наводнениями, происходившими здесь в 1995, 1998 и 1999 и 2010 гг. (Jiang et al., 2008). Самым драматическим явилось наводнение, произошедшее осенью 1998 г.

Основной отраслью местной экономики является сельское хозяйство, в котором занято около 2/3 трудоспособного населения. Пров. Цзянси - это один из основных регионов Китая, производящих рис и зерно под посевами которых находится около 45% ее площади. Район озера охвачен плотной сетью оросительных каналов. Важной составляющей дохода местной экономики является также рыбная ловля. Озеро обеспечивает около 60% рыбного производства провинции. Определенное значение имеет промышленность, прежде всего добывающая. В регионе есть богатые залежи полезных ископаемых, в том числе меди. Активное развитие в последнее десятилетие получила добыча песка, ставшая важным источником финансового дохода. С начала 2000-х гг. доля промышленного сектора в местной экономике существенно повышается, и в городах пров. Цзянси возникают обширные промышленные зоны.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Активное антропогенное развитие на водосборе создает на озере Поянху ряд проблем. С 1954 по 1984 гг., прежде всего в связи с развитием сельского хозяйства в регионе, было осушено более 1000 км² площади озера. Значительные площади болот (около 670 км²) из-за эрозии и деградации превратились в ненужные, неиспользуемые земли, лишенные растительности. Процесс осушения земель был приостановлен правительственными решениями в 1980-х гг., и в 1990-е гг. была разработана правительственная программа по возвращению сельхозугодий, однако перспективы ее выполнения пока остаются неясными.

Еще одной проблемой оз. Поянху являются сельскохозяйственные стоки. Недостаток очистных сооружений привел к накоплению в озерной воде биогенного вещества и эвтрофикации. Согласно Haixing (1995) в озеро с речным стоком ежегодно приносится 10514 тонн фосфора, с поверхностным смывом – 2888 тонн и с дождем – 24 тонны, вынос фосфора из озера составляет 11033 тонны. Таким образом, в озере ежегодно остается 2384 тонны фосфора. Привнос азота согласно Haixing (1995) приблизительно равен его выносу (около

90000 тонн/год). Содержание общего азота в конце XX в. изменялось по акватории от 453 до 1215 мкг/л, а общего фосфора – от 30 до 118 мкг/л. Концентрации обоих элементов были выше в приустьевых участках р. Ганьцзян, Фухэ и Синьцзян, в целом по озеру они существенно ниже. В годовом интервале наблюдалось значительное изменение концентрации общего азота, его повышение в зимние месяцы и в мае (рис. 3.16) и более ровное распределение концентрации общего фосфора. В начале XXI в. концентрации биогенных веществ в озерной воде повысились. Кроме биогенных веществ в озеро попадает большое количество пестицидов. В результате на сегодняшний день возникает опасность пищевого отравления водоплавающих птиц (уток, гусей, лебедей).

В течение последних десятилетий происходит индустриальное загрязнение озерной воды. Значительную роль в промышленном загрязнении играют медные рудники, расположенные на восточном побережье. С их сточными водами в озеро привносятся тяжелые металлы, в том числе медь, цинк и свинец (Chen et al., 1989). С речным стоком в озеро поступают промышленные стоки предприятий, расположенных выше по водосбору. Они содержат ртуть, кадмий, нефтепродукты, мышьяк, фториды, сульфиды и др. В результате на конец XX века концентрация загрязнителей в озерной воде составила: хлоридов - 0.8-2.1 (6.0) мг/л, фенолов - 0.001-0.005 (0.024) мг/л, оксида мышьяка - 0.005-0.01 (0.04) мг/л, нефтепродуктов - 0.019-0.113, меди - 0.001-0.188 мг/л, цинка – 0.02-3.23 мг/л. Содержание нефтепродуктов превысило рыбохозяйственную норму в 2.3 раза весной. Среди тяжелых металлов наблюдалось превышение рыбохозяйственной нормы по меди от 1.2 до 12.8 раз и по цинку от 2.6 до 12.3 раз (Haixing, 1995). Пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы имели различное распространение в периоды низкого и высокого уровня. Большинство промышленных загрязнителей оседали на дне, так что их концентрация в донных осадках была значительно выше, чем в озерной воде. Содержание меди в донных отложениях составляло 21.5-34.0 мг/л, цинка - 113-158 мг/л, свинца – 25-48.5 мг/л, кадмия 0.04-0.24 мг/л (Haixing, 1995). В дельтах впадающих в озеро рек концентрации обычно были выше. Из-за относительно слабого по китайским меркам развития промышленности на водосборе и

отсутствия сильного индустриального загрязнения озерная вода, в целом, до последнего времени продолжала оставаться умеренно загрязненной (по большей части акватории - II класса и лишь на 20% акватории – III класса) (Haixing, 1995).

Проблемой, наметившейся в последние годы, явилось удлинение периода низких уровней, что привело к возникновению водного дефицита в зимние месяцы. Одной из причин, вызывающих изменение режима озера, называется строительство дамбы «Три Ущелья» на р. Янцзы, понизившей уровни воды вниз по реке. В результате, сток из озера в реку в период накопления воды в водохранилище превосходил в 2007 г. речной приток в озеро в 6 раз (Taige, 2008). Кроме количественных изменений, связанных со строительством дамбы, наметились и качественные изменения озерной воды. Проведенные в 2007 г. исследования контроля качества воды дали неутешительный результат – в осенние месяцы около 60% озера содержало воду III класса и около 40% - IV. Зимой, в период низкого уровня сток из озера представлял собой воду V класса (значительно загрязненную) (Taige, 2008). Лишь с подъемом уровня в весенние месяцы качество озерной воды улучшилось.

Значительные проблемы на озере связаны с заилением водоема. Согласно данным MRLSD в него ежегодно поступает 13.02 млн. тонн наносов. 63% приносится со стоком р. Ганьцзян, 8.4% - со стоком р. Фухэ, 13.3% - со стоком р. Синьцзян, 10.6% - со стоком р. Сюшуй и 4.9% - со стоком р. Жаохэ (Haixing, 1995). Нормы осадконакопления выше при впадении рек, в воде которых содержится наибольшее количество взвесей. Деградация почв в бассейне основных притоков является важнейшим источником седиментации в озере. Наиболее подвержены смыву красные почвы четвертичного возраста, процессы выветривания также сильно затрагивают красные песчаники и граниты.

С конца XX в. одной из основных проблем оз. Поянху явились масштабные дночерпательные работы. Добыча песка стала важной и прибыльной отраслью местной экономики, вместе с тем, дночерпательные работы привели к значительному уничтожению высшей водной растительности и исчезновению ряда видов, ранее обитавших на озере. Прежде всего, это касается рыбного населения, значительно

сократившегося за последние десятилетия из-за разрушения привычной среды обитания, в том числе, защищенных нерестилищ в зарослях макрофитов. На оз. Поянху, как и в ряде других озер бассейна Янцзы, обитал речной дельфин, исчезнувший к сегодняшнему дню. Схожая участь грозит бесперой морской свинке, которой осталось около 500 экземпляров. Для комфортного проживания свинок озерная вода стала слишком мутной, к тому же, быстро развивающийся морской транспорт, в том числе занимающийся дночерпательными работами, создает шумы, мешающие свинкам находить пропитание, полагаясь на высоко развитую у этих животных систему слуха. К 2007 г. размер популяции свинок сократился в два раза относительно 1997 года и продолжает уменьшаться со скоростью 7.3% за год. Были высказаны опасения, что населяющие озеро беспёрые морские свиньи могут разделить участь вымершего озёрного дельфина (Kejia, 2007).

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

За экологическим состоянием озера Поянху следит Естественнонаучный Университет Цзянси, Наньчанский Университет, а также ряд неправительственных, некоммерческих организаций как MRLSD (Promotion Association for Mountain-River-Lake Regional Sustainable Development), расположенная в Наньчане. Основная цель всех организаций – охрана и защита оз. Поянху и его водосбора, сбалансированное развитие региона и управление его водными ресурсами. Большое внимание в последние годы уделяется вопросам биологической вариативности, в частности спасению бесперой морской свинки.

С целью охраны сокращающегося рыбного населения с 2002 года на озере Поянху действует запрет на ловлю рыбы. Запрет распространяется также на ряд притоков р. Янцзы и действует в весенние и первый летний месяцы, когда происходит размножение рыб семейства карповых. Впервые запрет на лов рыбы с целью защиты окружающей среды и водных ресурсов вводился в 1986 г., что способствовало улучшению экологической обстановки.

В связи с богатейшим птичьим населением озеро Поянху имеет защитный статус. С 1981 г. в его бассейне было создано 15 заповедников общей площадью 22.4 тыс. га. Национальный Заповедник оз. Поянху охватывает около 5%

площади водосбора. В 2008 г. Национальный статус получил также Наньджисянский заповедник. Кроме того, в пределах бассейна озера есть несколько заповедников с провинциальным (3) и областным (10) статусом. Ряду областей предполагается предоставить охранный статус в ближайшее время. Общая площадь охраняемых земель на водосборе достигает в настоящее время 54%. Озеро является одним из 6 крупнейших заповедников заболоченных земель в мире. В 2004 г. было сделано заявление в Китайское Министерство Строительство и в ЮНЕСКО с предложением внести оз. Поянху в число международных охраняемых болотных угодий, представляющих мировое природное наследие.

3.4. ОЗЕРО ТАЙХУ (ТАЙ)

Оз. Тайху или Тай - третье по величине пресноводное озеро Китая, уступающее в размере лишь озерам Поянху и Донгтинг (рис. 3.17), расположено ниже них, примерно в 100 км от дельты р. Янцзы и в 150 км от побережья Восточного-Китайского моря. Координаты: 30°56'-31°34' с.ш.; 119°54'-120°36' в.д., урез воды находится на высоте 3.1 м над уровнем моря. Все озеро административно принадлежит провинции Цзянсу, хотя его южное побережье находится в соседней провинции Чжэцзян.

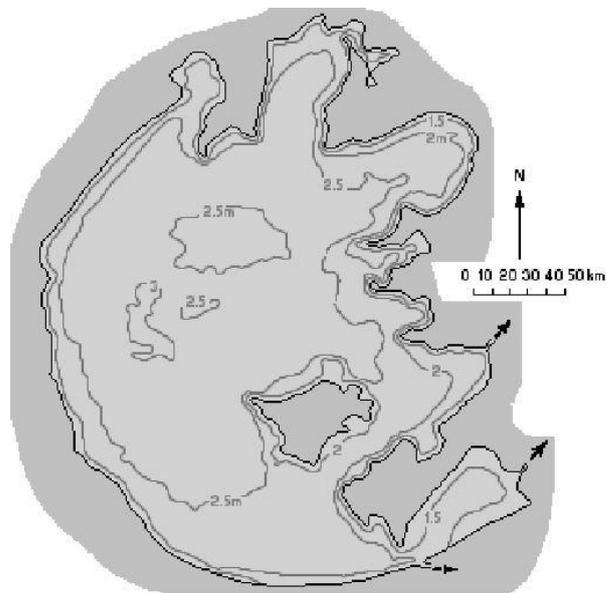


Рис. 3.17. Озеро Тай. Источник: LBRI&ILECF. 1988.

Площадь водного зеркала составляет 2338 км² (Bi et al., 2009), объем заключенной воды – 4.76

км³. Озеро имеет форму полумесяца с рваным зигзагообразным краем, его протяженность - 68.5 км, ширина – 34 км. Водоем мелководный, его максимальная глубина всего 2.6 м, средняя – 1.9 м, при этом от берега глубина быстро нарастает, большая часть водоема (86%) имеет глубины от 1 до 2.5 м и лишь 5.6% - до 1 м (Yiping H. et al., 1995). На озере около 90 островов, некоторые из них совсем крошечные (всего несколько метров в длину), некоторые протянулись на несколько километров. Их общая площадь составляет 89.7 км², самым крупным является о-в Сишань. Остров Дунтин-Сишань соединен с сушей самым длинным в Китае озерным мостом.

Оз. Тайху возникло в результате Яньшаньского горнообразовательного движения в позднем юрском и раннем меловом периоде. Значительную часть истории это была крупномасштабная мелководная лагуна, имевшая обширную площадь, намного превосходящую современное озеро. Периодически она превращалась в залив, затем снова становилась лагуной. В озеро лагуна превратилась около 6000 лет назад в результате трансгрессии уровня моря. Около 6000 лет назад уровень моря был выше, осадки, приносимые с водосбора, отлагались в приливно-отливную зону и создавали насыпь, отделяющую залив от моря. Около 5300-5000 лет назад море отступило, вода в образовавшемся озере стала постепенно опресняться.

Согласно исследованию, проведенному в 1987 году, вокруг озера Тайху насчитывается 224 водотока (Yiping H. et al., 1995), 70 притоков в него воду и 154 - уносящих. К основным водным системам в бассейне относятся реки Западная и Восточная Тяоши, Шинси, Суаньпу и Великий Китайский канал. Посредством уносящих воду рек и каналов оз. Тайху соединено с расположенной севернее р. Янцзы.

В бассейне озера простираются обширные равнины. Холмистый, низкогорный рельеф характерен для западной и южной части водосбора. Самая высокая точка – вершина горы Таянму – 1587 м. Почвы желто-коричневые и красные. Растительность представлена листопадными и вечнозелеными широколиственными лесами, а также хвойными субтропическими. Практически все леса – вторичные. Распространены бамбуковые рощи и искусственные посадки деревьев технических пород.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Оз. Тайху - одно из 5 наиболее знаменитых Китайских озер, расположенное близ дельты р. Янцзы, известной своей сложной сетью небольших озер, прудов, проток и искусственных каналов, включая Великий канал построенный в 7^{-ом} веке для связи Пекина с Ханчжоу в Чжэцзян. Бассейн озера был заселен еще за много тысячелетий до н.э. В эпоху древнейших китайских государств — династий Ся и Шань — территория Цзянсу не входила в сферу китайской цивилизации, а была заселена народностью Хуай И. Но уже во время династии Чжоу (XI—III вв. до н. э.) здесь возникает царство У — вассал Китайской Империи. В 473 г. до н. э. царство У было завоёвано южным княжеством Юэ, которое, в свою очередь, было покорено царством Чу. В 221 г. до н. э. Чу, вместе с другими китайскими государствами вошло в состав единой Империи Цинь.

Оз. Тайху играет важнейшую роль в жизни проживающих в его бассейне людей. Его вода используется для ирригации, коммунального водоснабжения и разведения аквакультур, кроме того, озеро используется для рыбной ловли, играет роль регулятора стока и регулятора климата в регионе. На озере активно развито судоходство и туризм. Вблизи озера расположены некоторые из древнейших и красивейших городов страны, славящиеся своими историко-культурными достопримечательностями. Озеро привлекательно карстовыми пещерами, живописными островами, на которые осуществляются лодочные прогулки. Здесь расположены уникальные известняковые скалы, материал из которых используется китайскими умельцами для украшения традиционных китайских садов. Прекраснейшие пейзажи оз. Тайху привлекают как внутренних, так и иностранных туристов.

Климат. Характеристики термического режима

Климат региона влажный муссонный с теплым влажным летом, когда преобладают юго-восточные ветра, и прохладной и сухой зимой, с ветрами северо-восточного направления. Бассейн расположен в пределах субтропической зоны. Среднегодовая величина температуры воздуха изменяется от 14.9 до 16.2°C (Bi et al., 2009), максимальные месячные температуры наблюдаются в июле, 27.7-28.6°C, минимальные – в январе, 1.7-3.9°C (рис. 3.18).

Среднегодовое параметры климата, оз. Тай

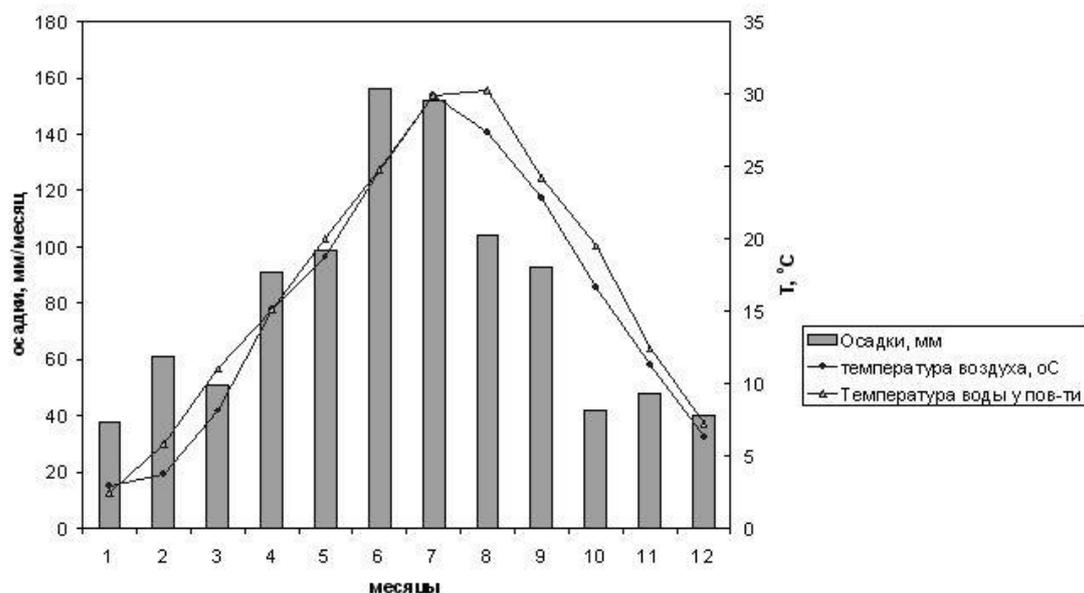


Рис. 3.18. Среднегодовые данные по осадкам и температуре воздуха на ст. Suzhou, и температура воды на ст. Daru по данным ILEC.

Длина безморозного периода составляет 220-246 дней (Yiping H. et al., 1995). В регионе выпадает от 1000 до 1400 мм осадков, их величина значительно изменяется год от года. Наибольшее количество осадков приходится на летние месяцы (35-40%).

Оз. Тайху - мелководный, полимектический водоем с отсутствием сезонной стратификации и отсутствием дефицита кислорода в гипolimнионе. В озере наблюдается сильная ветровая циркуляция, связанная с преобладающими ветрами и сезонными муссонами. Среднегодовая температура воды составляет 17.1°C, что на 1.3°C выше, чем среднегодовая температура воздуха. В течение года температура воды изменяется в значительных пределах, от 0°C в зимние месяцы (декабрь-январь) до 38°C в июле-августе (Yiping H. et al., 1995). Вертикальное распределение температуры варьирует в течение года. Наибольший градиент температур приходится на апрель-май, когда происходит быстрое нагревание водоема, и поверхностный слой намного теплее глубинных вод, наименьший градиент в декабре-январе. В зимние месяцы вдоль берега происходит образование ледяного покрова. За 650 лет наблюдений озеро полностью замерзло более 10 раз (Yiping H. et al., 1995).

Характеристики водного режима и водного баланса

В озеро Тайху приносят свои воды около 70 рек, берущих свое начало в горах на западе и юго-западе его водосбора. Наиболее крупными являются реки Западная и Восточная Тяоши и р. Шинси. Общая величина притока оценивается в 4.1 км³/год (Bi et al., 2009). Величина осадков, выпадающих на поверхность озера, оценивается в 1.2 км³ (Yiping H. et al., 1995). Отток из озера происходит у восточного побережья, здесь берет начало несколько крупных рек, в том числе р. Сучжоухэ. Множество рек и каналов связывают озеро с рекой Янцзы, водные потоки управляются дамбами, обслуживающими колебания уровня воды озера в пределах диапазона 2-3 м. Поскольку вариации осадков значительно больше, чем годового притока, изменения уровня воды в озере, прежде всего, зависят от обилия дождей в течение года.

Средний годовой уровень воды в оз. Тайху составляет 3-3.12 м, его минимальные значения - 1.76-2.25 м максимальные - 4.73-4.98 м. Вариабельность уровня воды незначительная, как в годовом, так и в многолетнем разрезе. Максимальная вариабельность - 1.98-2.24 м, минимальная - 0.75-1.11 м (Yiping H. et al., 1995). В год средней водности подъем уровня

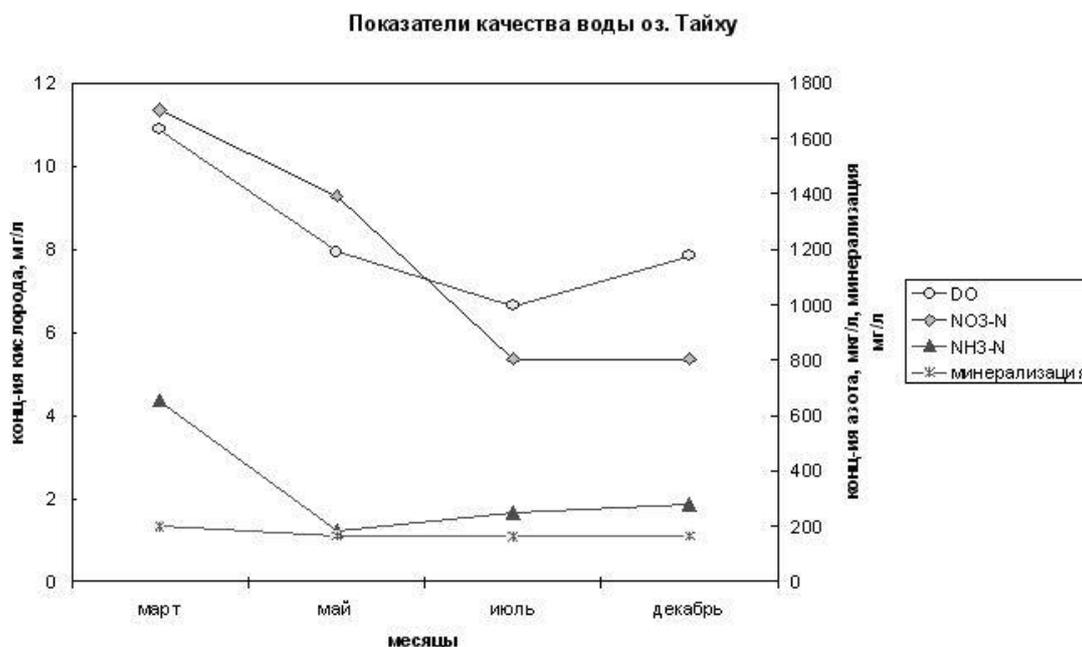


Рис. 3.19. Показатели качества воды оз. Тайху по данным Yiping H. et al., 1995.

воды в озере начинается в мае и связан с прохождением дождевых паводков на питающих его реках. Максимум уровня обычно приходится на июль-август. С окончанием сезона дождей уровень быстро падает, и остается низким до апреля, минимальные значения наблюдаются в феврале-марте.

Основные характеристики качества вод

Озеро гиперэвтрофное. Оно характеризуется небольшой прозрачностью и слабой цветностью. Прозрачность изменяется по озеру от 0.15 до 1.3 м, однако на большей части акватории составляет 0.4-0.5 м. В западной и юго-западной частях озера прозрачность несколько ниже, в юной и северной – выше. Разность значений вызвана особенностью ветровых волнений и течений, а также распределением высшей водной растительности. Там, где прозрачность выше, значения цветности воды обычно меньше (Yiping H. et al., 1995).

Минерализация воды небольшая, среднее значение составляет 164 мг/л. Кислотность среды от нормальной до слабощелочной, pH для восточной части озера составляет 7.98-8.5, для западной – 7.3-8.02. Среди ионов преобладают гидрокарбонаты и кальций, $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$; $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^- > CO_3^{2-}$. Содержание кислорода в целом по озеру достаточно высокое, составляющее в среднем

9.69 мг/л. Оно практически не изменяется по глубине, но существенно варьирует по сезонам. На наиболее загрязненных участках в летние месяцы содержание кислорода может снижаться до 2.5-4.5 мг/л (Yiping H. et al., 1995). Концентрация NH₄-N составляет 0.108 мг/л, нитраты - 1.39 мг/л (McNaught, et al., 1995). На рис. 3.19 представлены изменения ряда показателей качества воды в течение года.

Основные биологические особенности

Высшая водная растительность представлена 61 видом, принадлежащим к 29 семействам, 45 родам (Yiping H. et al., 1995). Среди воздушно-водных макрофитов многочисленны: тростник (*Phragmites communis*), цицания (*Zizania latifolia*, *Z. cadauciflora*), альтернантера (*Alternanthera philoxeroides*), стрелолист (*Sagittaria Saguijotia*); среди плавающих: эйхорния (*Eichhornia crassipes*), чилим (*Trapa incisa var. quadricaudata*), эвриала (*Euryale ferox*); среди погруженных: валлиснерия (*Vallisneria spiralis*), рдест (*Potamogeton malaianus*, *P. crispus*, *P. minima*), гидрилла (*Hydrilla verticillata*). Воздушно-водные макрофиты занимают 5000 га площади Восточного Тайху и 3600 га в Западного (Yiping H. et al., 1995).

Фитопланктон представлен 97 видами. Наиболее представительны зеленые водоросли, которых насчитывается 39 видов, 25 диатомовых, 19 - сине-зеленых, 5 криптофитовых, по 3

золотистых, динофлагеллят и эвгленид (Yiping H. et al., 1995). Сине-зеленые многочисленны в течение всего года и представлены: *Microcystis flos-aquae*, *M. aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, периодически весной и летом доминируют криптофитовые: *Cryptomonas erosa*, а весной и осенью - диатомовые: *Melosira granulata*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzshia*. Средняя численность фитопланктона 38.17 млн. экз/л, средняя биомасса 7.31 мг/л (Yiping H. et al., 1995).

Зоопланктон представлен 79 видами, из которых 22 - одноклеточные, 30 коловраток, 19 ветвистоусых рачков и веслоногие ракообразные. Одноклеточные организмы преобладают по численности (около 75%), однако из-за своих размеров имеют небольшую биомассу (4.2%) (Yiping H. et al., 1995). Наиболее многочисленны: *Tintinnopsis* spp., *Sirobilidium velox*, *Paramesium* sp., *Diffugia* spp.; Коловратки значительно распространены в течение лета и представлены: *Polyarthra* sp., *Brachionus* spp., *Keratella cochlearis*; ветвистоусые рачки также наиболее многочисленны летом: *Simocephalus* sp., *Bosmina fatalis*, *B. longirostris*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma sarsi*, *D. brachyurum*, *Monia*, среди веслоногих ракообразных наиболее представительны циклопы (LBRI&ILECF. 1988, Yiping H. et al., 1995). Средняя численность зоопланктона составляет 2054 экз/л, а биомасса - 2.14 мг/л, из которой 45% приходится на веслоногих ракообразных, 39% на ветвистоусых раков и 12% на коловраток. Сезонный пик зоопланктона наблюдается летом, высокая численность также сохраняется осенью (Yiping H. et al., 1995).

Бентос представлен 59 видами (Yiping H. et al., 1995). Наиболее многочисленны представители двустворчатых моллюсков (*Corbicula fluminea*) и брюхоногих (*Stenothyra glabra*, *Viviparus quadratus*). (LBRI&ILECF. 1988). Средняя численность бентоса 336.9 экз/м², средняя биомасса - 82.7 г/м². Пик численности приходится на июль, а также на май и октябрь (Yiping H. et al., 1995)..

В озере около 106 видов рыб, принадлежащих 15 отрядам, 24 семействам. Преобладают карповые, представленные 54 видами (Yiping H. et al., 1995). Среди видов, имеющих экономическое значение, представители семейства анчоусовых (*Coilia brachygnathus*),

корюшковых: (*Protosalanx hyalocranius*, *Neosalanx tankahkeii taihuensis*), многочисленные представители семейства карповых: черный амур (*Mylopharyngodon piceus*), белый амур (*Stenopharyngodon idellus*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*), карп (*Cyprinus carpio*), золотая рыбка (*Carassius auratus auratus*), черный амурский лещ (*Megalobrama* sp), белый амурский лещ (*Parabramis pekinesis*), верхогляд (*Erythroculter* spp.), кони (*Hemibarbus maculatus*), семейства головешковых: ротан (*Eleotris fusca*), семейства перцихтовых: китайский окунь (*Siniperca* spp.), а также змееголов (*Ophiocephalus argus*), и речной угорь (*Anguilla japonica*) (LBRI&ILECF. 1988). Озеро известно своей высокой продуктивностью рыбы и краба, и аквафермами на побережье, применяющими современные технологии. Рыбная продуктивность составляет 14000-16000 тонн.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Тай составляет 36500 км² (Bi et al., 2009). Оно расположено на границе провинций Цзянсу и Чжэцзян, на плотно заселенной плодородной Восточно-Китайской Равнине. В 2000 г. средняя плотность населения составляла в регионе 928 чел/км². Это один из наиболее экономически развитых регионов Китая. На уровень 2003 г здесь проживало около 3% населения страны, тогда как доля региона в общем НВП составляла 11% (Bi et al., 2009). При этом площадь водосбора - лишь 0.4% от площади страны. Развитость экономики сочетается с высоким уровнем жизни.

Важнейшей отраслью местной экономики традиционно является сельское хозяйство, прежде всего возделывание риса, кроме того, в северной части водосбора выращивают пшеницу, кукурузу, сорго и многие др. культуры. Регион озера Тайху издревле считается центром шелководства в Китае. Огромное значение в регионе играет промышленное производство. Исторически местная экономика ориентировалась на легкую промышленность — текстильную индустрию и индустрию продуктов питания. С середины XX в. активное развитие получила тяжелая промышленность — химическая индустрия, металлургия, индустрия строительных материалов, нефтяная промышленность, позже к

ним добавились машиностроение и производство электроники. Особенно высокие темпы увеличения промышленного производства наблюдались с 1980-х гг.

Оз. Тайху и впадающие в него реки являются важнейшим источником воды для жителей и быстро развивающейся промышленности Шанхая, Уси, Сучжоу и др. городов. Озерная вода используется для коммунальных, сельскохозяйственных нужд. Кроме того, в озере происходит разведение аквакультур, развито рыболовство, судоходство, осуществляется контроль уровня воды. Для питья озерную воду использует около 30 млн. чел., проживающих в провинциях Цзянсу, Чжэцзян и в муниципалитете Шанхая (Vi et al., 2009).

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

В результате антропогенной активности оз. Тайху с 1950-х гг. испытывает ряд изменений. В основном на него воздействуют три типа факторов: конструкция дамбы и плотины при выходе из озера; увеличение использования болот и литорали; антропогенное загрязнение озера. Дамба и плотина были созданы при выходе из озера с целью управления водными ресурсами и контроля уровня. К сожалению, кроме выгод плотина негативно отразилась на рыбных ресурсах озера, особенно на видах мигрировавших из озера в реку для отложения икры. Основными коммерческими видами, затронутыми конструкцией, являются карпы *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*.

Увеличившееся в 1950-е гг. использование болот и литорали значительно сократило размеры озера. Общая площадь литорали, перешедшей под сельскохозяйственные нужды и пруды, между 1950 и 1980 гг. составила 160 км². Наиболее высокие темпы конверсии наблюдались в 1970-е гг. Процесс был приостановлен правительственными решениями лишь в 1980-х гг., поскольку в результате такой хозяйственной деятельности было выявлено исчезновение ряда малых озер и существенное снижение площади больших. Однако, правительственная программа по возвращению сельхозугодий, разработанная в 1990-е гг. пока не вызывает приветствия у населения и не ясно, как она будет осуществляться.

Конверсия озерных площадей под рисовые чеки и рыбные фермы привела к сокращению площадей, занятых водной растительностью, необходимой для многих литоральных видов при икрометании и вызревании. В результате многие виды, нуждающиеся в этой растительности, существенно сократили свою численность, прежде всего это *Cyprinus carpio* и *Carassius auratus*. Со снижением численности карпа в озере стали доминировать небольшие виды, живущие в открытой воде и питающиеся зоопланктоном. Увеличение их численности угнетающе отразилось на популяции зоопланктона, что, в свою очередь, привело к усилению позиций фитопланктона. Комбинированное воздействие конструирования дамбы и литоральной конверсии значительно изменили трофическую динамику и рыбную популяцию озера. Использование литорали между побережьем и островами сформировало заливы и изменило циркуляцию воды, увеличило норму накопления осадков, усилило эвтрофикацию и загрязнение. На сегодняшний день встает вопрос о реализации полномасштабной программы по восстановлению рыбных запасов.

В пределах 5-8 километровой зоны вокруг озера протягиваются тысячи гектар пашни, сотни промышленных предприятий и шахт, расположено множество небольших и средних городов. Все они разгружают свои стоки в озеро, негативно сказываясь на качестве озерной воды. Особенно сильные качественные изменения имеют место после 1980-х гг. Из-за использования озерной воды в питьевых целях, ее загрязнение представляет серьезную опасность.

На сегодняшний день в регионе около 500000 га заливных полей (Zhou et al., 2003). Согласно данным Ellis et al. (2000) с изменением сельскохозяйственного производства от традиционного к современному, связанному с использованием химических удобрений, содержание азота в почвах водосбора с 1930 по 1995 гг. повысилось на 20%. Наряду с азотом также значительно возросло и содержание фосфора. Норма использования фосфорных удобрений составляет в настоящее время 25-35 кг/га год, хоть, согласно Zhou et al. (2003), для почв достаточно 13.5 кг/га. Огромное количество фосфора ежегодно накапливается в почве и благодаря процессам выщелачивания попадает в реки и, затем, в озеро. Общий ежегодный приток в озеро азота и фосфора с полей

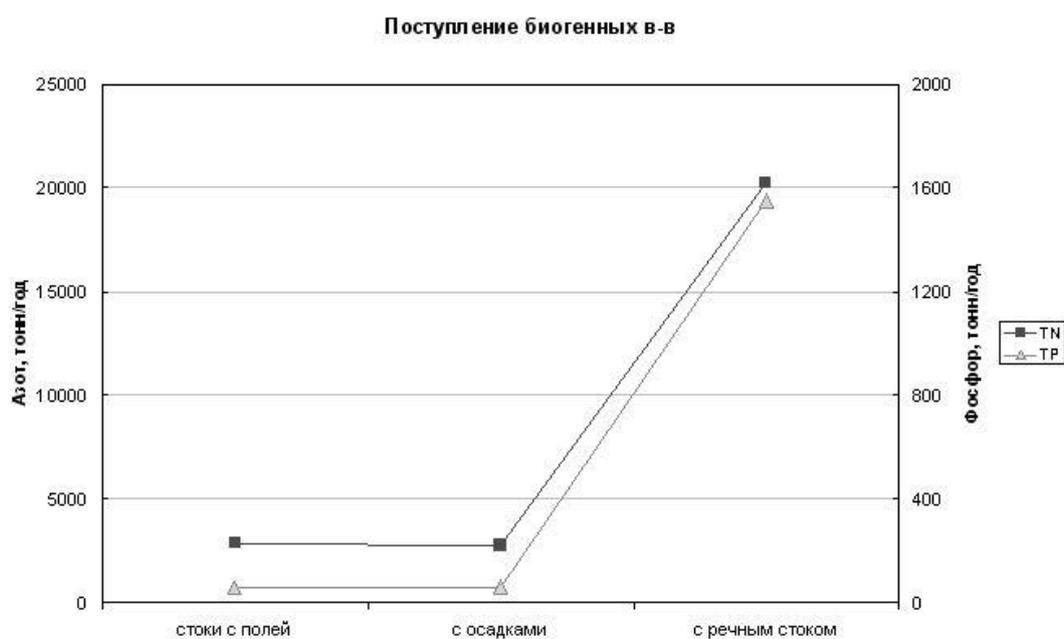
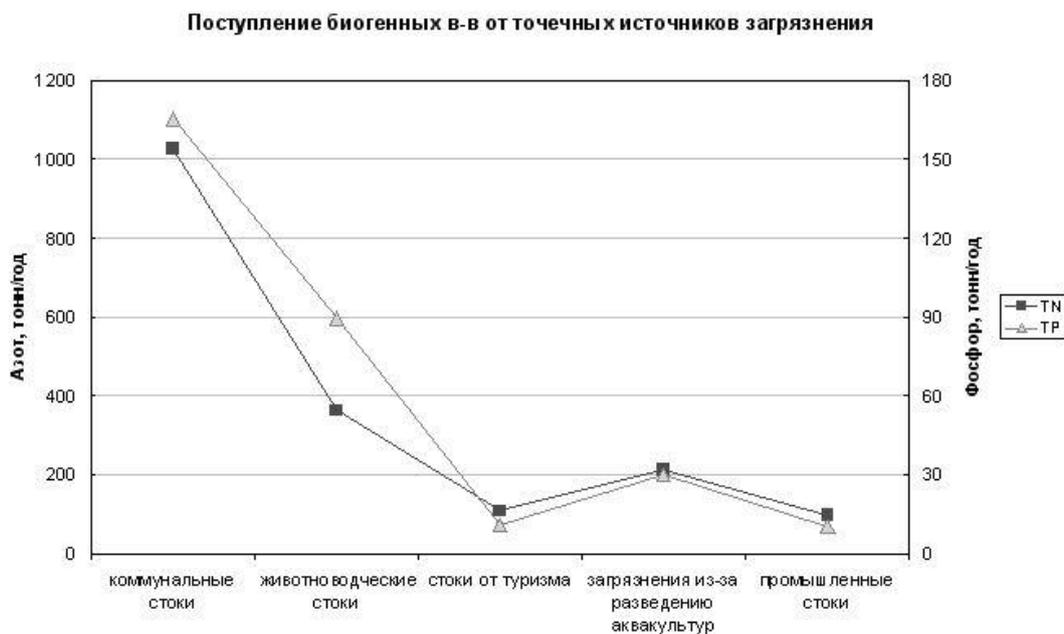


Рис. 3.20. Поступление биогенных веществ в оз. Тай, по данным Yiping H. et al., 1995

составляет 2877 и 55.8 тонн, и с речным стоком – 20241 и 1552 тонны, соответственно (Yiping H. et al., 1995). В пределах водосбора выращивается около 800000 свиней и овец, 75000 кроликов, около 5000000 домашних птиц. Стоки животноводства ежегодно добавляют в озеро 363 тонны азота и 89 тонн фосфора (Yiping H. et al., 1995). В результате общее поступление биогенных веществ в озеро огромно (рис. 3.20). И хоть в настоящее время использование удобрений на водосборе резко сокра-

щено, и можно ожидать снижение концентрации азота в почве, биогенное вещество, накопившееся в донных грунтах, еще долго будет являться дополнительным источником внутренней биогенной нагрузки.

Крайне негативное влияние на озеро оказывают промышленные стоки, количество которых резко растет в связи с активными темпами индустриального развития на водосборе. Стоки многочисленных фабрик, размещенных в пределах водосбора, из-за несовершенства систем

очистки разгружают в речную сеть и в озеро стоки, содержащие биогенные вещества, сульфиды, фенолы, ртуть, хром и прочие загрязнители. Высокое содержание металлов, включая ртуть и мышьяк, было обнаружено в донных отложениях и рыбе. В начале 1980-х гг. большая часть проб, взятых в озере, содержала воду II класса. К 2003 г. большинство проб, отобранных в разные сезоны в восточной части водоема, содержало воду III класса (около 16.5% акватории озера), на большей части озера – IV (75.3% акватории), а в наиболее загрязненных заливах – V класса (8.2% акватории) (Vi et al., 2009).

В результате обильного загрязнения озеро Тай имеет на сегодняшний день гипертрофный статус (Jiao et al., 2006). Весной, летом и осенью на озере наблюдается активное цветение сине-зеленых, среди которых наиболее многочислен вид *Microcystis aeruginosa*. Цветение особенно обильно происходит в трех северных заливах озера. Типичным примером является Залив Улиху, его прозрачность за полвека сократилась с 2.5 м до 30-50 см. Аммонийный азот составляет в заливе более 4 мг/л летом и 7 мг/л зимой-весной. При отсутствии соответствующей программы контроля за поступлением биогенных веществ, процесс эвтрофирования озера не прекращается. Быстро растущей зловонной растительностью ежегодно покрывается до 800 км² его акватории. (Vi et al., 2009). Ситуация часто значительно ухудшается в мае месяце в силу активного развития в это время фитопланктона. Величайшим экологическим бедствием был признан небывалый расцвет сине-зеленых осенью 2007 г. (Wu et al., 2008)

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

С целью улучшения качества озерной воды Китайские правительственные должностные лица установили новые законы для регулирования промышленных стоков. Китайская национальная Администрация Защиты окружающей среды провела несколько национальных исследований озера, чтобы более полно понять проблемы его загрязнения. Было признано, что важнейшим фактором, сдерживающим очистку озера, являлись противоречия и плохое взаимодействие между местными и государственными службами (Wang et al., 2004). Постоянный контроль и управление индуст-

риальным загрязнением должны осуществлять местные Агентства по охране окружающей среды, однако они часто испытывают недостаток в фондах и/или оборудовании и многие индустриальных стоки не очищаются.

Существенные изменения государственной политики в отношении оз. Тай произошли после катастрофического «цветения воды» в 2007 г. Китайское правительство постановило очистить озеро к 2012 г. Азиатский Банк развития предоставляет значительную ссуду для осуществления этого проекта, обсуждается также возможность участия Мирового Банка. В решении вопроса задействованы Комиссии по Национальному Развитию и Реформе на государственном и региональном уровнях, Бюро по охране окружающей среды, Водное Бюро, Китайская Академия Наук и ряд университетов (ACEDP, 2009). Снижению загрязнения должна способствовать политика интегрированного управления водными ресурсами. Комплексный проект управления водными ресурсами бассейна оз. Тай был запущен в декабре 2007 г. (Vi et al., 2009). В рамках проекта, местное правительство ставит перед собой ряд задач, в том числе снижение ХПК и концентрации большинства биогенных веществ. Так, согласно проекту, поступление общего фосфора к 2012 г. должно быть снижено с 10.4 тыс. тонн (уровень 2005 г) до 8.2 тыс. тонн, а общего азота – со 141.6 до 108.4 тыс. тонн (Vi et al., 2009). С этой целью предполагается: ввести строгий контроль поступления точечных загрязнений, улучшить очистку сточных вод и модернизировать систему утилизации отходов, улучшить контроль площадного загрязнения, начать программу по экологическому восстановлению водоема, перебрасывать периодически в озеро дополнительную воду для разбавления, осуществить модернизацию промышленного производства, способствовать развитию научных технологий. Критерии, по которым вода будет оцениваться как прошедшая должную очистку, ужесточатся, предприятия, которые не смогут обеспечить должную очистку стоков будут закрыты. Предполагается введение экономических инструментов стимулирования, таких как платежи за загрязнения и экологический риск, значительные штрафы за несоблюдение экологического законодательства и субсидии за введение экологичных производств и энерго-сберегающих технологий (Wang et al., 2004). Значительное финансирование выделено на

программу регулярного мониторинга.

Одним из способов борьбы, применяемых на оз. Тайху для борьбы с сине-зелеными водорослями в рамках проекта, является биоманипуляция. С 2009 года прибрежные города Сучжоу, Уси, Чанчжоу и Хучжоу совместно инициировали проведение "Праздника выпуска рыбы". В феврале 2010 г. в озеро было выпущено более 20 миллионов мальков разных пород рыб. Для покупки мальков выделили 8.6 миллиона юаней (1.26 миллиона долларов).

3.5. ОЗЕРО БАНГВЕУЛУ (БАНГВЕОЛО)

Озеро Бангвеулу (Бангвеоло) - крупнейшее мелководное озеро или водная система, расположенная в Замбии, в верховьях р. Конго, и объединяющая озеро Бангвеулу, болота Бангвеулу и пойму Бангвеулу (рис. 3.21). Озеро расположено в широкой плоской заболоченной котловине, поросшей тростником, папирусом и камышом, а также другой водной растительностью. Его контуры в значительной мере условны: низкие топкие берега заливаются даже при очень небольших подъемах уровня, поэтому в различные сезоны года очертания озера изменяются. Только западная часть озера и некоторые острова имеют достаточно четко очерченную береговую линию, с песчаными берегами, однако даже здесь ряд заливов и эстуариев окружены топкими болотами. Координаты озера при разливе: 10°15'-12°30'ю.ш.; 29°30'-30°33'в.д. в период низкой воды водная поверхность значительно сокращается: 10°52'-11°27'ю.ш.; 29°33'-30°01'в.д., урез воды находится на высоте 1140 м над уровнем моря. Для озера характерна череда песчаных хребтов, протягивающихся с юго-запада на северо-восток и разделяющих его на три секции, параллельно главной оси. «Бангвеулу» означает "место, где вода встречает небо". Озеро впервые среди европейцев открыл Ливингстон в 1868 г (Livingstone, Waller, 1874). Он посетил его северо-западные берега и совершил небольшую поездку по озеру на пироге, но осмотреть все озеро не смог: на его карте оно имеет большие размеры, чем на самом деле.

Оз. Бангвеулу образовалось в результате затопления единого неглубокого тектонического прогиба. Во второй половине четвертичного периода р. Ловуа, приток Лоулабы-Конго, прорезала, благодаря пятащейся эрозии,

северо-восточный край котловины оз. Мверу и перехватила его сток. Уровень озера, до того располагавшийся на сотню метров выше, чем в настоящее время, резко понизился. Это способствовало усилению эрозии впадающих в него рек, и одна из них, Луапула, перехватила сток протозера Бангвеулу. Так возникла единая озерно-речная система р. Чумбеши - оз. Бангвеулу - р. Луапула - оз. Мверу - р. Лувуа, играющая роль восточного истока р. Конго.

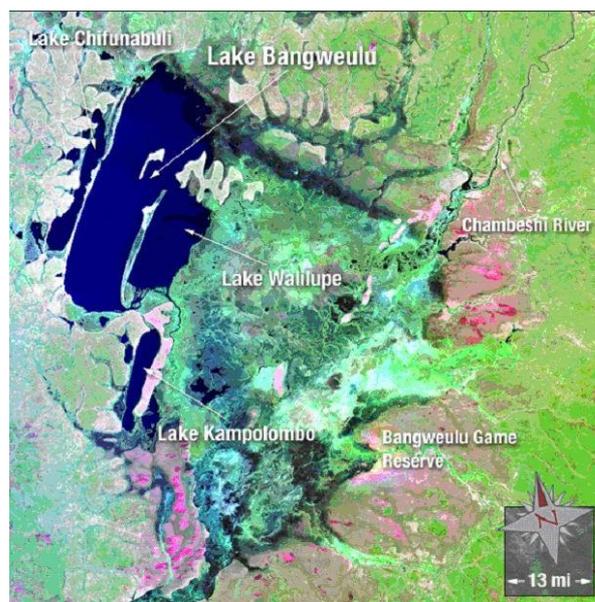


Рис. 3.21. Озеро Бангвеулу. Фото NASA

В сухой сезон озеро отступает на северо-запад, оставляя на юго-востоке обширные болота с сетью небольших озер и лагун, протягивающихся на сотни километров. Само отступившее озеро в это время подразделяется на ряд более или менее самостоятельных водоемов, в том числе наиболее крупное, непосредственно оз. Бангвеулу с площадью около 1720 км², а также озера Валилупе (585 км²), Чифанаули (225 км²), Камполombo (155 км²), Кангвена (47 км²) и др. (Greboval et al, 1994). Все озера соединяются между собой сетью каналов, протянувшихся по обширной заболоченной территории. Общая площадь открытой воды в сухой сезон составляет по разным сведениям от 2735 км² (Тоews 1977) до 4000 км². Во влажный период площадь водной поверхности оз. Бангвеулу значительно увеличивается, многочисленные озера и лагуны собираются в единую громадную мелководную чашу, заливая площади до 9000-15000 км². В периоды высокой воды заливаются не только болота, площади которых оцениваются Тоews

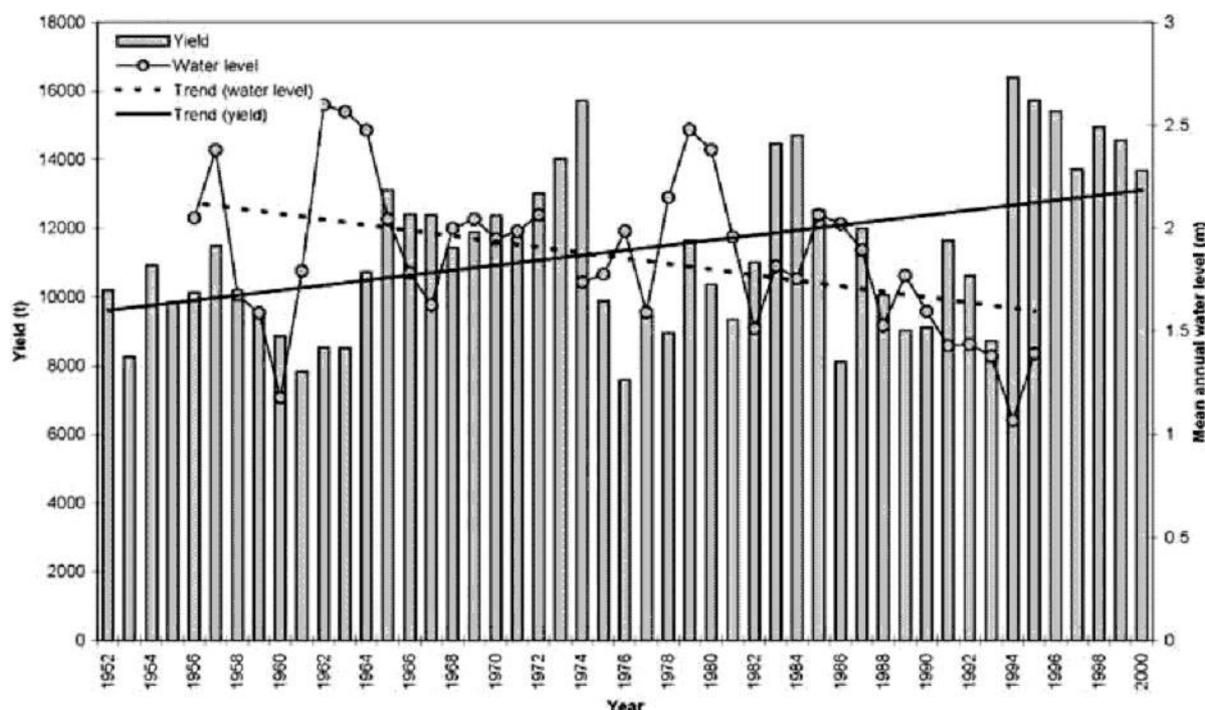


Рис.3.22. Динамика уловов на оз. Бангвеулу за 1952-2000 гг. и ход среднегодового уровня воды в этот период. Источник: Jul-Larsen (2003).

(1977) в 5170 км², но также и часть травянистой поймы площадью 7100 км². Согласно данным Ramsar... (2006), средняя глубина той части озерно-болотного комплекса, которая в течение всего года представляет из себя области открытой воды, составляет около 4 м, в том числе непосредственно оз. Бангвеулу - 4.7 м, при максимальной глубине - 10.4 м, озера Чифанаули – 2 и 3 м, соответственно, озера Валилупе - 3.3 и 5.4 м, оз. Камполомбо – 2 и 3 м. По данным Jul-Larsen (2003) средняя глубина всего водно-болотного комплекса Бангвеулу, включая его болотную часть, во второй половине XX в. изменялась в пределах от 1 до 2.5 м (рис. 3.22).

По болотам Бангвеулу со стороны озера в направлении р. Луапула прорезана сложная сеть каналов, периодически забиваемых растительностью, так что навигация здесь практически невозможна. Скопления папируса могут достигать такого объема, что протиснуться между ними можно лишь на каноэ. Лишь в периоды разлива река Чумбеши, впадающая несколькими рукавами в озеро с востока, получает через пересекающие болото протоки непосредственное соединение с р. Луапулой. С колониальных времен

предпринимались попытки наладить на озере навигацию, однако почти безуспешно.

Климат. Характеристики термического режима. Характеристики водного режима и водного баланса

Климат региона тропический, в течение года здесь выделяются три сезона: сухой и прохладный с апреля по август, сухой и жаркий с августа по октябрь и теплый и влажный с ноября по апрель. Количество годовых осадков в бассейне озера составляет от 1100 до 1500 мм. Основные дожди выпадают с января по март с максимумом в январе (около 300 мм). Температура воздуха изменяется в течение года от 16 до 36°C, температура воды в озере - от 18.3 до 27.3°C.

В озерно-болотный комплекс впадает 17 рек, среди которых наиболее крупным притоком является р. Чумбеши (площадь водосбора 32019 км²). Значительная часть питающих комплекс рек втекает в его болотную часть, особенно много с востока и юго-востока. Реки Луена, Лупоши и Литандаши питают непосредственно озеро Бангвеулу. Кроме того, существенную часть приходной составляющей водного баланса представляют осадки, выпадающие на поверхность озерно-болотного комп-

лекса, их ежегодное количество оценивается в 1200 мм. Около 90% поступающей в озеро воды, тратится на испарение и транспирацию водной растительностью, составляющие по оценкам 1642 мм. Отток из озера проходит по р. Луапула (годовой сток 13.9 км³).

Уровень воды оз. Бангвеулу подвержен значительным колебаниям, его среднегодовые флуктуации составляют 1.3 м (Jul-Larsen, 2003). Медленный подъем уровня начинается в период интенсивных дождей, выпадающих с ноября-декабря, а его максимум приходится на март-июнь, когда в озеро успевает поступить вода со всего болотного комплекса. К сентябрю, когда периферийные болота успевают высохнуть, уровень воды падает до своих минимальных значений, сохраняющихся до ноября-декабря. Даже небольшие перепады уровня воды в озере влекут за собой значительные изменения площади открытой водной поверхности.

Основные характеристики качества вод

Озерная вода характеризуется очень низкой минерализацией, 41-89 мг/л, ее электропроводность составляет всего 20.1-29.6 мкS/см, это один из наиболее пресных водоемов Африки. Прозрачность колеблется от 0.6 до 1.7 м, ее наибольшие значения отмечаются для основного озера. Реакция среды близкая к нейтральной, pH в озере - 6.9-8.2, в болотной части - от 6.5-6.9 в центре до 5.9-6.5 по периферии. В ионном составе доминируют гидрокарбонаты, $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$; $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Щелочность - 0.31-0.46 мг/л. Содержание кислорода от 40 до 100%, более высокие значения в областях открытой воды (Bos and Ticheler 1996). Концентрация SiO_2 - 11.5-16.0 мг/л (Greboval et al, 1994). Озеро Бангвеулу и окружающие его болота отличаются низким уровнем трофности, содержание хлорофилла-а составляет менее 5 мкг/л (Bos and Ticheler 1996), таким образом, все авторы характеризуют озеро как олиготрофный водоем.

Основные биологические особенности

Высшая водная растительность озерно-болотной системы Бангвеулу представлена такими воздушно-водными макрофитами как тростник (*Phragmites communis*, *P. pungens*, *P. mauritanus*), папирус (*Cyperus papyrus*), камыш (*Scirpus* spp.), болотница (*Eleocharis dulcis*), кочия (*Kotschyia africana*), а также другой водной растительностью, в том числе плавающей:

кувшинками (*Nymphaea* sp.), воссией (*Vosia* sp.). Густые заросли растительности способствуют извлечению из речной воды большей части биогенного вещества. В результате озеро характеризуется невысокой первичной продуктивностью и низкими концентрациями фитопланктона, в котором доминирующая роль принадлежит сине-зеленым (*Cyanophyta*) и десмидиевым водорослям (*Desmidiáles*).

В зоопланктоне широко распространены коловратки, веслоногие ракообразные, представленные *Tropodiptomus symoensi* и ветвистоусые рачки. Среди бентосных беспозвоночных доминируют малоцетинковые черви и комары-звонцы (*Chironomidae*) встречается по крайней мере 7 видов брюхоногих моллюсков в т.ч. *Lymnaea natalensis*, *Bulinus africanus* и *B. globosus*, *Biomphalaria pfeifferi* и 8 двусторчатых, в т.ч. *Mutela hargeri schomburgki*, среди пиявок - *Placobdella jaegerskioeldi* (Ramsar..., 2006).

В озере обитает более 80 видов рыб. Наиболее ценными являются цихлиды, в том числе тилохромис (*Tylochromis bangwelensis*), серанохромис (*Serranochromis* spp.), хапдохромис (*Haplochromis* spp.), а также представитель семейства харациновых - африканская тигровая рыба (*Hydrocynus vittatus*), алестовых (*Alestes microphthalmus*), настоящих (*Clarias mossambicus*) и перистоусых сомов (*Synodontis* spp.), семейства карповых (*Abramis brama* и *Engraulicypris moeruensis*), пецилиевых - гирардинус (*Girardinus falcatus*), мормировых (*Gnathonemus* spp.). Около половины вылова приходится на тилапию (*Oreochromis macrochir*) (Ramsar..., 2006).

Озерные рептилии представлены двумя видами крокодилов *Crocodylus cataphractus* и *C. Niloticus*, двумя видами водяных черепах *Pelomedusa subrufra* и *Pelosios subniger*. капским вараном *Varanus exanthematicus angolensis*, сцинками и гекконами (Ramsar..., 2006).

Любительский лов рыбы является важнейшим промыслом для местного населения, кроме того, в озере осуществляется и промышленный вылов. В 1960 - 80-е гг. уловы составляли 7900 - 13000 тонн, в 2000 г. они увеличились до 13500 тонн. На рис. 3.22 представлена динамика уловов за 1952-2000 гг. и ход среднегодового уровня воды в этот же период. По уловам рыбы оз. Бангвеулу занимает лидирующее положение среди водоемов Замбии. Однако, с начала XXI в. чрезмерный

вылов рыбы стал вызывать опасения, поскольку начал угрожать рыбным ресурсам озера, и правительство Замбии даже предприняло ряд попыток по ограничению уловов, а также охоты в регионе. К сожалению, крайняя бедность местного населения, лишённого альтернативных источников питания и дохода, не позволяет пока контролировать биоресурсы, так как браконьерство является для них практически единственной возможностью выжить и прокормить свои семьи.

Оз. Бангвеулу и окружающие его болота формируют благоприятную среду для обитания множества мигрирующих птиц. Здесь обитают пеликаны (*Pelicanus*), колпица (*Plateinae*), фламинго (*Phoenicopterus*), аисты (*Ciconiidae*), гуси, в т.ч. шпорцевый (*Plectropterus gambensis*), ибисы, в т.ч. священный (*Threskiornis aethiopicus*) и каравайка (*Plegadis falcinellus*), дрофы, в т.ч. кафрская африканская (*Neotis denhami*), цапли, в т.ч. королевская цапля или китоглав (*Balaeniceps rex*) и ночная цапля или обыкновенная кваква (*Nycticorax nycticorax*), сережчатый журавль (*Bugeranus carunculatus*), седлоклювый ябиру (*Ephippiorhynchus senegalensis*), белолобая щурка (*Merops bullockoides*), болотная мухоловка (*Muscicapa aquatica*), красногорлая трясогузка (*Macronyx ameliae*), замбийский скворцовый конек (*Macronyx fuellebornii*) и др. Наряду с часто встречающимися видами в болотах селятся и размножаются некоторые очень редкие. Озерно-болотная экосистема Бангвеулу требует тщательной охраны, так как является чрезвычайно ценной в силу своей высокой биологической вариативности.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Площадь водосбора оз. Бангвеулу составляет 109469 км², он слабо заселен, здесь проживает чуть более 1 млн. чел., наиболее крупный город Самфья расположен на его юго-западном берегу. Кроме побережья, местное население живет также и на многочисленных островах. Важнейшей отраслью для местного населения является рыболовство. Развивается туризм. В 160 км к западу от озера разрабатываются месторождения меди.

Поскольку озерно-болотные угодья Бангвеулу являются важнейшим местообитанием множества мигрирующих птиц, в том числе

редких, их экологическое состояние требует повышенного внимания. С 1991 г. озерно-болотный комплекс Бангвеулу включен в состав территорий, охраняемых Рамсарской Конвенцией. Среди опасностей, способных принести вред экоценозу, прежде всего, называется охота, чрезмерный лов рыбы, а также выпас скота на водосборе. В силу бедности проживающего в бассейне населения запреты на лов зверя и птицы не могут обеспечить сохранность видов, так как многие жители живут исключительно благодаря охоте и рыболовству.

В 2004 г. частная европейская компания по добыче газа огласила свои планы строительства газопровода, протягивающегося через юго-восточную часть озера. Одним из звеньев этого плана являлось строительство дамбы для частичного осушения интересующей компанию секции озера. План встретил резкий протест у местного населения и экологических организаций. После длительных обсуждений и судебных разбирательств компания отступила от первоначального плана, выработав альтернативный проект, в обход озера.

3.6. ОЗЕРО ХАНКА

Озеро Ханка - самое крупное озеро в северо-восточной Азии, расположенное в центральной части Приханкайской низменности, на границе Приморского края России и пров. Хейлуцзян, Китай (рис. 3.23). России принадлежит 72% площади его водной поверхности, Китаю – 28%, в Китае озеро называется Xingkai. Координаты озера: 44°31'-45°23' с. ш., 132°00'-132°51' в. д., при среднем уровне уреза воды находится на высоте 66 м н. у. м. Озеро имеет овальную форму, вытянутую в меридиональном направлении; его длина - 95 км, наибольшая ширина – 67 км, протяжённость береговой линии – 309 км. Площадь зеркала при среднем уровне воды составляет 4070 км², при мини-мальном – 3940 км², при максимальном – 5010 км², объём заключенной воды - 18.3 км³, 12.7 км³, и 22.6 км³, соответственно. Озеро мелко-водное, средняя глубина – 4.5 м, наибольшая – 10.6 м, северная часть водоема характеризуется большими глубинами. На озере два острова, из них самый большой - Сосновый. В озеро впадает 23 реки, 15 с территории РФ и 8 с территории Китая, вытекает р. Сунгач, левый приток р. Уссури (бассейн Амура).



Рис. 3.23. Озеро Ханка. Источник: Атлас России.

Озёра, образовавшиеся в результате синклинального прогиба, существовали в пределах Ханкайской котловины уже в кайнозое (История..., 1990), они возникли в результате накопления аллювия в речных долинах и образования «аллювиальных плотин». Наиболее интенсивное накопление речных осадков шло при слиянии рек Мулинхе и Уссури, где в нижнем плейстоцене возникла крупная аллювиальная дельта. По мере роста «аллювиальной плотины» всё более расширялся озёрный водоём на севере Ханкайской депрессии, и к концу среднего плейстоцена древнее озеро заняло всю низину вдоль реки Сунги, достигнув центральной части современного озера. Наиболее значительный темп аккумуляции осадков в котловине оз. Ханка наблюдался до тех пор, пока в него впадала р. Раздольная (по долине р. Абрамовки). После перестройки речной сети р. Раздольной, приведшей к ее впадению в Амурский залив Японского моря, скорость накопления осадков резко сократилась. Современное озеро сформировалось около 3000 лет назад и в настоящий момент находится в состоянии трансгрессии.

Берега озера большей частью низкие, заболоченные, береговая линия слабо расчленена. Дно

илистое. Береговая зона практически лишена лесной растительности и занята лугами с преобладанием различных видов осок и вейников. Для пониженных участков характерны травяные болота или так называемые плавни – растительные сообщества, образованные различными видами осок и злаковых, они формируют прочную дернину, покрывающую водное зеркало на многие десятки квадратных километров. На водосборе преобладают лугово-лесные, лесостепные и степные растительные сообщества.

Климат. Характеристики термического режима

Оз. Ханка лежит в области умеренного муссонного климата восточного сектора материка. Климатические условия в Ханкайской котловине определяются в основном муссонными и местными циркуляционными процессами. Для региона характерны большие колебания сезонных и суточных температур воздуха, при тихой погоде летом котловина хорошо прогревается, а зимой здесь аккумулирует холодный воздух. Среднегодовая температура воздуха составляет около 2° С, средняя температура июля - +20°С, января – -14° – -15°С (рис. 3.24). Продолжительность безморозного периода - 211–217

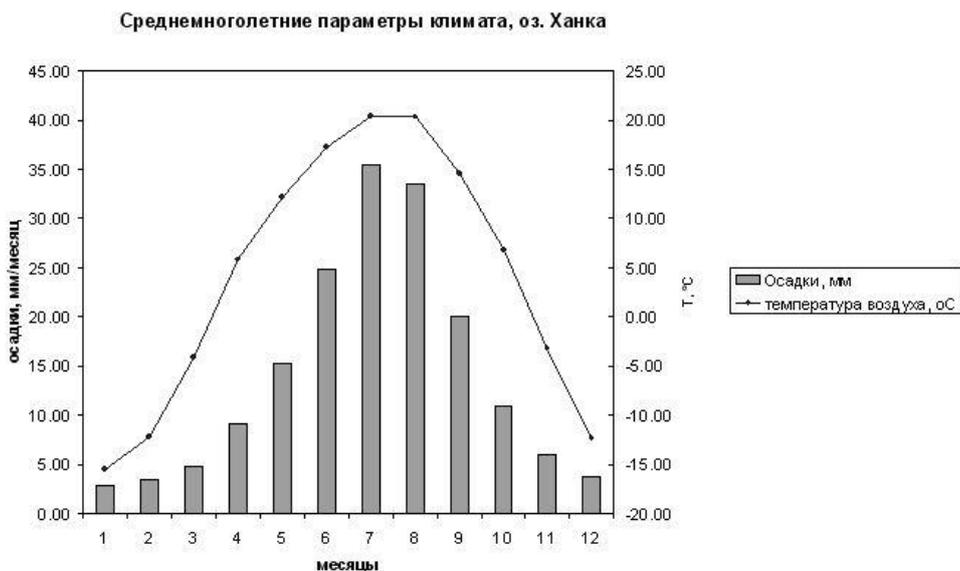


Рис. 3.24. Среднемесячные параметры климата, ст. пос. Камень-Рыболов

дней, снежный покров средней мощности в 30 см сохраняется около 100 дней. Переход среднесуточных температур через $+5^{\circ}\text{C}$ отмечается 1 мая и 1 октября. В регионе за год выпадает 500-750 мм осадков, из которых на летние месяцы приходится около 80%. Малоснежная зима сменяется сухой и прохладной весной и теплым дождливым летом. Термический режим оз. Ханка мало отличается по своим показателям от других озёр умеренной зоны. Прогревание водоёма до 4°C происходит во второй декаде апреля. После полного разрушения ледового покрова температура воды постепенно растёт и достигает максимума в первой декаде августа (24°C). Переход через максимум плотности воды (при 4°C) происходит к концу октября. Если весной в безлёдный период вода в озере холоднее воздуха, то летом их значения выравниваются. В это время для озера характерно состояние, близкое к гомотермии. При небольшом волнении до 1 балла вода у дна на $1-2^{\circ}\text{C}$ холоднее, чем у поверхности. Во время штиля разница между поверхностным и придонным слоем может возрастать до 3°C и более, так что в глубоких местах может образовываться временный слой температурного скачка, который, однако, быстро разрушается при усилении ветра. Осенью температура воды в озере выше температуры воздуха и эта разница продолжает существовать до полного выхолаживания водоёма и становления на нём льда. Образование ледяного покрова происходит в ноябре, причем мелководные участки практически ежегодно промерзают полностью (Васьковский, 1978).

Характеристики водного режима и водного баланса

В многолетнем водном балансе оз. Ханка среднегодовой слой атмосферных осадков на поверхность водоема составляет 567 мм, формируя около 54 % его приходной части. Остальные 46 % составляет речной приток, годовой объём которого - 1.72 км^3 . Основную часть притока приносят реки: Илистая, Комиссаровка, Мильгуновка и Спасовка. Все впадающие реки принадлежат равнинному типу, характеризуются меандрирующими руслами, медленным течением, заболоченными берегами и берут начало в окружающих сопках или окрестных болотах. Расходная часть баланса складывается из испарения с поверхности озера (56 % общих потерь воды) и стока по р. Сунгач (44 %) (Васьковский, 1978). По классификации Б. Б. Богословского, озеро относится к испарительно-дождевым слабопроточным водоёмам, полный обмен воды происходит за 10 лет.

Внутривековые колебания уровня воды оз. Ханка определяются многолетними колебаниями количества атмосферных осадков, носящими циклический характер, а также положением порога стока в истоке р. Сунгачи (Стоценко, Черненко, 1958). За XX век наблюдалось четыре цикла колебаний, а их средняя продолжительность составляла 26 лет. Подъёмы и спады уровня воды совпадали с циклическими колебаниями водности впадающих рек, определяемыми ритмичностью и интенсивностью муссонной циркуляции. В

годы максимального подъёма уровень воды озера достигал 389 см (1973 г.), а при наложении нагонных явлений - 430 см, в годы регрессии он не превышал 200 см. В годы различной водности разница площади акватории водоема составляла 17%, а объема воды - 39 %.

Внутригодовой ход уровня воды в озере и сопредельных водоемах отражает годовой ход осадков, по характеру его колебаний можно выделить три сезона: зима, весна и лето-осень. В зимний период уровень воды изменяется в незначительных пределах (3-5 см). С наступлением весны большое влияние на его ход начинают оказывать ветровые сгонно-нагонные денивеляции. При частых ветрах на озере наблюдаются сгонно-нагонные явления.

Основные характеристики качества вод

Вода в озере пресная, но с повышенным содержанием мути, являющейся результатом частых ветров, вызывающих сгонно-нагонные явления и сильное перемешивание водной толщи. Прозрачность в открытых заливах (Платоновском, Астраханском и Девичанском) в летний период изменяется от 0.15 до 0.35 м, тогда как в закрытом заливе Рыбачьем и бухтах (Тихой), а также в озёрах придаточной системы и нижних частях рек - колеблется от 0.5 до 1.2 м и более (Барабанчиков, Кожевников, 1998). На большей части акватории водоёма содержание взвешенного вещества составляет 45-65 мг/л. Показатель среды рН колеблется в течение годы от 6.5 до 8.5. Содержание кислорода в воде обычно близко к полному насыщению. Даже в зимний период из-за высокой прозрачности ледяного покрова в озере не прекращается развитие фитопланктона, которое выделяет достаточно кислорода для насыщения воды. По химическому потреблению кислорода вода на большей части акватории Ханки относится к классу "чистая", хотя его распределение характеризуется значительной пятнистостью. По содержанию фосфорной нагрузки Ащепкова и Проценко (1991) относят озеро к классу мезотрофных водоёмов. Содержание хлорофилла-а находится в пределах 1.0-15.5 мкг/л, составляя в среднем от 4 до 10 мкг/л, что соответствует биомассе фитопланктона 0.27-0.7 мг/л (Апонасенко и др., 2000).

Основные биологические особенности

В пределах мелководной части озера Ханка существует достаточно широкая полоса выс-

шей водной растительности. Воздушно-водные макрофиты представлены преимущественно тростником (*Phragmites communis*) и рогозом (*Typha*), погруженные состоят из рдестов (*Potamogeton malainus*, *P. compressus*, *P. perfoliatus*, *P. octandrus*, *P. gramineus*, *P. natans*), урути (*Myriophyllum aquaticus*), водяной сосенки (*Hippuris vulgaris*). Плавающие макрофиты представлены чилимом (*Trapa natans*), кубышкой (*Núphar*), наядой (*Nájas*), кувшинками (*Nymphaéa*), роголистником (*Ceratophýllum*), ужовником (*Ophioglossáceae*), спироделлой (*Spirodela*), сальвинией (*Salvinia natans*), рясками (*Lemna trisulca*, *L. minor*), кальдезией (*Caldesia*) а местами - и лотосом (*Nelumbo nucifera*). Основная акватория озера лишена растительного покрова (Виноградов, Гусаков, 1998).

Фитопланктон бассейна озера Ханка считается пока еще недостаточно исследованным. Согласно ряду источников в видовом составе водорослей отмечено от 174 до 216 видов, принадлежащих к типам зеленых водорослей, сине-зеленых, диатомовых, эвгленовых, желто-зеленых, криптофитовых, золотистых и динофлагеллят. Большее число видов являются широко распространенными. Основу альгофлоры оз. Ханка формируют зеленые водоросли, эта группа является наиболее многочисленной и разнообразной в видовом отношении и насчитывает 90 видов; наиболее часто встречаются: *Cosmarium*, *Scenedesmus*, *Closterium* и *Pediastrum*. Также многочисленны диатомовые, в систематической структуре которых ведущее место по количеству видов занимают роды *Nitzshia*, *Navicula* и *Gomphonema*. Сине-зеленые водоросли представлены 21 видом, наибольшее видовое разнообразие отмечено для родов *Oscillatoria* и *Anabaena* (Никулина, 2003, 2006). По сезонной динамике биомассы фитопланктона и его видовому составу озеро можно отнести к мезотрофным водоёмам с чертами олиготрофности. Показатель первичной продукции изменяется от 0.20 до 0.76 г O₂/м³ в сутки, а деструкции органического вещества от 0.32 до 0.80 г O₂/м³ (Щур и др., 2000).

Зоопланктон озера представлен в основном широко распространёнными видами, которых в его сообществе насчитывается 173. Большую часть безлёдного периода из веслоногих ракообразных доминируют: *Epischura chankensis*, *Mesocyclops dissimilis*, *Diacyclops bicuspidatus*, а из ветвистоусых рачков: *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma chanken* и *Bosmina fatalis*, составляющие в сумме 80-90% общей

биомассы зоопланктона. В сентябре-октябре среди доминирующих видов появляется также веслоногий рачок *Boeckella orientalis*. Зимой почти вся биомасса (на 99%) состоит из *E. chankensis* (Барабанщиков, 2000). Среди водных беспозвоночных зарегистрировано 550 видов из 280 родов и 130 семейств. Около 60% видового состава водных беспозвоночных составляют амфибиотические насекомые. В прибрежных зарослях озера наиболее много-численны водные насекомые из отряда поденок и ручейников. Среди водных беспозвоночных имеется 8 видов, занесенных в Красную книгу России, это представители типа Mollusca: жемчужницы Даурская и Тиуновой (*Dahurinaia daurica*, *D. tiunovae*), лансеолярии Маака, Ханкайская, Уссурийская, Богатова (*Lanceolaria maacki*, *L. chankensis*, *L. ussuriensis*, *L. bogatovi*), Бугорчатая кристария (*Cristaria tuberculata*), Анемина Булдовского (*Anemina buldovskii*) (Вшивкова, Сушицкий, 2010).

В озере и связанных с ним реках зарегистрировано 85 видов рыб, принадлежащих к 60 родам и 18 семействам (Барабанщиков и др., 2006). Подавляющая часть – общие виды с ихтиофауной других участков бассейна Амура, однако есть и эндемики, среди которых – гольян Черского (*Phoxinus czerskii*) и ханкайская востробрюшка (*Hemiculter warpachovsky*). Наиболее распространёнными видами являются: гольян Лаговского и маньчжурский (*Phoxinus lagowskii*, *P. percnurus*), корейская востробрюшка (*Hemiculter leucisculus*), амурский сазан (*Cyprinus carpio haematopterus*), ханкайский пескарь (*Romanogobio chankaensis*), уссурийский сиг (*Coregonus ussuriensis*), амурская щука (*Esox reichertii*), пёстрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*). Также в озере отмечены калуга (*Acipenser dauricus*), амурский осетр (*A. schrenckii*), сибирский таймень (*Hucho taimen*), ленок (*Brachymystax lenok*, *B. tumensis*), сигхадары (*Coregonus chadary*), амурский сиг (*C. ussuriensis*), черный амур (*Mylopharyngodon piceus*), амурский язь (*Leuciscus waleckii*), гольян Чекановского (*Rhynchocypris czekanowskii*), белый амур (*Stenopharyngodon idella*), узкоголовый краснопер (*Pseudaspius leptcephalus*), троегуб (*Opsariichthys uncirostris*), мелкочашуйчатый желтопер (*Plagiognathops microlepis*), ханкайский пескарь (*Squalidus chankaensis*), пескарь-губач Черского (*Sarcocheilichthys nigripinnis*), пескарь-лень (*S. sinensis*), амурский носатый пескарь (*Microphysogobio tungtingensis*), китайский ящерный пескарь (*Saurogo-*

bio dabryi), конь-губарь (*Hemibarbus labeo*), пестрый конь (*Hemibarbus maculatus*), белый амурский лещ (*Parabramis pekinensis*), верхогляд (*Chanodichthys erythropterus*), горбушка (*Ch. abramoides*), монгольский краснопер (*Ch. mongolicus*), амурская острогрудка (*Culter alburnus*), уссурийская востробрюшка (*Hemiculter lucidus*), ханкайский колючий горчак (*Acanthorhodeus chankaensis*), серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*), восьмиусый голец (*Lefua pleskei*), амурский вьюн (*Misgurnus buphoensis*), косатка-скрипун (*Tachysurus fulvidraco*), налим (*Lota lota*), змееголов (*Channa argus*), головешка (*Perccottus glenii*) и др. В Красную Книгу РФ внесены такие рыбы, как сом Солдатова (*Silurus soldatovi*), чёрный амурский лещ (*Megalobrama mantschuricus*), китайский окунь (*Siniperca chuatsi*), желтощёк (*Elopichthys bambusa*), калуга (*Acipenser dauricus*) (Виноградов, Гусаков, 1998). Почти полное отсутствие эндемичных видов свидетельствует о том, что озеро всегда было открытой системой, и его рыбное сообщество формировалось за счет остаточной фауны водоемов котловины озера и заселения представителями фауны Амуро-Уссурийской системы. В настоящее время ихтиофауна обогащается также за счет инвазионных видов, которых на сегодняшний день обнаружено уже 7. Источники значительных инвазий последних лет напрямую связаны с антропогенным фактором, и, прежде всего, с деятельностью рыбоводных хозяйств России и КНР. Наиболее значимые инвазионные виды: судак (*Sander lucioperca*), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), гибридные формы сазана и карпа (*Cyprinus carpio*) (Барабанщиков и др., 2006).

В Ханкайском заповеднике и его охранных зонах зарегистрировано около 330 видов птиц, значительная часть которых находится под угрозой исчезновения, 44 вида занесены в Красную книгу России и 12 видов – в Международную Красную книгу. Через озеро проходит одно из ответвлений Восточно-Азиатского пролетного пути. Во время пиков весенней и осенней миграции эти места посещают около двух миллионов птиц, в том числе до 300000-350000 уток, в основном шилохвость (*Anas acuta*), свиязь (*A. penelope*), касатка (*A. falcata*), чирок-трескунок (*A. querquedula*), 100000-130000 гусей, в основном гуменник (*Anser fabalis*) и белолобый (*A.*

albifrons) и 3000-5000 лебедей, в основном кликун (*Cygnus cygnus*) (Bocharnikov, Shebaev, 1996). На Ханке и в пределах заповедника гнездятся такие редкие птицы как японский и даурский журавли (*Grus japonensis*, *G. vipio*), дальневосточный белый аист (*Ciconia boyciana*), средняя белая цапля (*Egretta intermedia*), нырок Бэра (*Aythya baeri*), колпица (*Platalea leucorodia*), сухонос (*Anser cygnoides*), беркут (*Aquila chrysaetos*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), белокрылый погоньш (*Porzana exquisita*), дрофа (*Otis tarda*), ходулочник (*Himantopus himantopus*), азиатский бекасвидный веретенник (*Limnodromus semipalmatus*), райская мухоловка (*Terpsiphone paradisi*) и тростниковая сутора (*Paradoxornis polivanovi*). На пролете отмечаются пискулька (*Anser erythropus*), малый лебедь (*Cygnus bewickii*), мандаринка (*Aix galericulata*), скопа (*Pandion haliaetus*), черный журавль (*Grus monacha*), уссурийский зук (*Charadrius placidus*), охотский улит (*Tringa guttifer*) и сибирская пестрогрудка (*Bradypterus tacsanowskius*) (Нечаев, 2006).

В многочисленных озерах и плавнях Ханки встречается реликтовая дальневосточная черепаха (*Pelodiscus sinensis*), ондатра (*Ondatra zibethicus*), енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*) и выдра (*Lutra lutra*).

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Общая площадь водосбора озера Ханка составляет 16890 км², в том числе на территории России приходится 15370 км². Здесь расположен ряд крупных населенных пунктов и на начало XXI в. проживало около 350000 чел. В бассейне озера ведется интенсивное сельскохозяйственное и промышленное землепользование и находится одна из крупнейших на Дальнем Востоке РФ сельскохозяйственных зон, где сосредоточено около половины (47%) пашни и более 60% орошаемых земель Приморья, значительная часть которых приходится на рисовые поля. В бассейне производится добыча угля, плавикового шпата и редкоземельных элементов Ярославским ГОКом и добыча угля открытым способом на Павловском, Реттиховском разрезах и Липовецком месторождении.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Из-за несовершенства форм хозяйствования в

агропромышленном и минерально-сырьевом комплексе в бассейне озера Ханка возник ряд экологических проблем, особенно ярко проявившийся в последние пол столетия. Это загрязнение природной среды химическими веществами, деградация почвенно-растительного покрова и водно-болотных угодий (Кравченко и др., 2002). Развитие промышленности привело к существенному загрязнению воды тяжелыми металлами: медью, цинком, алюминием и кадмием. К началу 1990-х гг. уровень загрязнения поднялся настолько, что, согласно "Экологической программе Приморского края" (1990г.), Приханкайская низменность была объявлена зоной экологического кризиса. Наибольшие концентрации были отмечены для меди, в районе пос. Камень – Рыболов неоднократно наблюдалось превышение значения ПДК более чем в 30 раз. Высокие уровни загрязнения цинком, алюминием и кадмием отмечались в районе с. Троицкое, с. Сиваковка, а также в пос. Камень-Рыболов. В 2001 г. ПДК по этим элементам было здесь превышено в 5, 32 и 2 раза, соответственно. Другими загрязнителем озерной воды являются нефтепродукты и фенолы. В 2000-х гг. среднегодовое содержание нефтепродуктов превышало ПДК в 1.2 – 2.4 раза, фенолов – в 2-3 раза. В апреле 2002 года было зарегистрировано чрезвычайно высокое загрязнение нефтепродуктами в районе с. Сиваковка (32 ПДК) (Молокоедова, 2002).

Мощным толчком нарастания процесса негативных воздействий на природную среду в регионе явилось обоснование системы рисосеяния в Приморье в результате которого с конца 1960-х по начало 1990-х гг здесь происходил постоянный прирост посевных площадей. Низкий уровень обработки почв и монокультура - рис создали благоприятные условия для размножения вредителей, болезней, сорняков в борьбе с которыми проводились массовые обработки рисовых полей ядохимикатами. Одновременно для повышения урожайности вносилось большое количество минеральных удобрений. В результате наряду с тяжелыми металлами, нефтепродуктами и фенолами в озеро с сельскохозяйственными стоками стали активно поступать пестициды и используемые для борьбы с сельскохозяйственными вредителями ядохимикаты. В этот же период одной из основных проблем для озера стало его загрязнение биогенными веществами. Наибольший масштаб загрязнение приобрело в период

с 1986 по 1989 гг. Так, в 1988 г. суммарное содержание ДДТ и его метаболитов в озерной воде превышало ПДК в 60-70 раз. В последующее десятилетие в результате экономической стагнации в регионе, связанной с распадом СССР, и уменьшения антропогенного пресса, а также благодаря природно-обусловленному росту водности озера, загрязнение снизилось, и рядом авторов было зафиксировано начало процесса самоочищения озера. Содержание пестицидов во второй половине 1990-х гг. превышало ПДК уже только в 3-10 раз. Однако на рубеже XX-XXI вв. вновь проявилась тенденция к усилению процесса эвтрофикации водоема, обусловленная как некоторым оживлением экономики региона, так и начавшейся фазой низкой водности (уровень воды в озере снизился с 1996 г. по 2001 г. с 321 до 256 см).

В 2000-х гг. воды оз. Ханка и по гидрохимическим, и по гидробиологическим показателям характеризовались от «умеренно загрязненных» до «грязных». В 2007 г. они соответствовала 4 классу, была зафиксирована высокая загрязненность аммонийным азотом 16.4 ПДК, соединениями железа 32 ПДК, меди – 1.6-2.2 ПДК, цинка – 2.9-5.8 ПДК; алюминия – 1.13-1.52 ПДК; фенолами – 2 ПДК. В створе с. Сиваковка качество вод соответствовало классу «очень загрязненная» (Качество ... 2008).

Существенное загрязнение оз. Ханка, а также бесконтрольный вылов привели к тому, что в 1990-х гг. наряду с потерями питьевого качества воды стало происходить и снижение его рыбопромыслового значения - сокращение уловов и изменения в ихтиоценозе, сопровождающееся замещением ценных промысловых видов рыб малоценными. По инициативе ТИНРО-Центра в начале 2000-х гг. на оз. Ханка было даже запрещено промышленное рыболовство. Однако, к сожалению, инициатива российской стороны не была поддержана китайцами, и озеро оказалось закрытым только по его российской акватории. В результате восстановить рыбные запасы водоема в предполагаемом объеме не удалось. Основной причиной неудач называют варварское браконьерство на российской части акватории как с китайской, так и с российской стороны, происходившее на фоне официально продолжавшегося вылова у китайского берега. Спустя пять лет, несмотря на то, что запасы рыбы не успели пополниться, озеро было вновь открыто для рыболовства.

Еще одной проблемой оз. Ханка является существенное заиливание водоема. Питающие его реки выносят в приустьевые участки большое количество рыхлого материала, особенно увеличивающееся в годы повышенной водности. В период высокого подъема воды идет активное размывание низменных торфяных берегов и переотложение органического вещества. В маловодные периоды важной проблемой для озера становится водозабор на орошение рисовых полей. Он осложняют итак не простую в периоды регрессии уровня экологическую обстановку. Резко (в 5-10 раз) снижается численность гнездящихся птиц и успешность размножения загнездившихся.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

В бассейне озера Ханка расположены уникальные природные комплексы международного значения: прилегающие к озеру водно-болотные угодья и остепненные дубовые леса и редколесья. В юго-западной части водосбора сохранились остатки уссурийских широколиственно-кедровых лесов. С 1971 г. озеро включено в список водно-болотных угодий, имеющих международное значение и охраняемых Рамсарской конвенцией. В 1990 г. здесь был организован государственный природный заповедник «Ханкайский», куда вошли участки болот на восточном и южном побережье Ханки. На базе этого заповедника, а также на базе китайского заповедника «Синкай-Ху» в 1996 г. возник международный российско-китайский заповедник «Озеро Ханка», общая площадь охраняемой территории которого составляет свыше 110000 га. При содействии WWF России была создана Смешанная российско-китайская комиссия для координации действий этих ООПТ. Регулярно российской и китайской сторонами вырабатывается совместный план сотрудничества с целью усиления взаимодействия между РФ и КНР в трансграничном заповеднике «Озеро Ханка» по научному исследованию, контролю, проведению пропаганды и воспитания, охране окружающей среды, а также содействия сохранению биомногообразия и обеспечения стабильного и скоординированного развития в региональной экономике. В 2005 г. российский заповедник "Ханкайский", входящий в состав международного заповедника «Озеро Ханка» получил высокий статус биосферного резервата, в 2007 г. такое решение было принято и в отношении китайского заповедника "Синкай-Ху".